

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΟΝΑΔΩΝ ΥΓΕΙΑΣ & ΠΡΟΝΟΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΥΠΕΡΗΧΩΝ ΑΞΟΝΙΚΩΝ &
ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΤΟΜΟΓΡΑΦΩΝ ΩΣ ΕΡΓΑΛΕΙΑ
ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

**ΚΩΝ/ΝΟΣ ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ
ΚΩΝ/ΝΟΣ ΧΑΤΖΗΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥΣ**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΚΟΤΣΙΔΙΕΡΗΣ

Καλαμάτα 2007

Αφιερώνεται

Σε όλους εκείνους που μας έδωσαν τη δυνατότητα να μάθουμε, αλλά κυρίως σε εκείνους που στάθηκαν δίπλα μας, πίστεψαν σε μας και μας στήριξαν με πραγματική αγάπη και ενδιαφέρον. Ένα μεγάλο ευχαριστώ σε όσους μας βοήθησαν στην παροχή πληροφοριών, τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Κοτσιλιέρη Θ. και τους γονείς μας για την αμέριστη συμπαράστασή τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Μέρος Πρώτο: Αξονικός Τομογράφος

Κεφάλαιο 1

1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Σκοπός Χρήσης.....	1
1.3 Αρχές λειτουργίας.....	2

Κεφάλαιο 2: Γενιές Υπολογιστικών Τομογράφων

2.1 Γενικά.....	6
2.1.1 Συστήματα 1ης γενιάς.....	6
2.1.2 Συστήματα 2ης γενιάς.....	7
2.1.3 Συστήματα 3ης γενιάς.....	8
2.1.4 Συστήματα 4ης γενιάς.....	9
2.1.5 Συστήματα 5ης γενιάς.....	11

Κεφάλαιο 3: Ελικοειδής Αξονική Τομογραφία(EAT/SPIRAL CT- 6ης γενιάς)

3.1 Εισαγωγή.....	13
3.2 Ελικοειδής σάρωση.....	13
3.3 Συμπεράσματα για τους Υ.Τ ελικοειδούς σάρωσης.....	14

Κεφάλαιο 4: Δομικά Στοιχεία

4.1 Βασικά τμήματα Υπολογιστικού Τομογράφου.....	16
4.1.1 Κυρίως σώμα Υπολογιστικού Τομογράφου.....	16
4.1.2 Λυχνία παραγωγής ακτίνων Χ.....	18
4.1.3 Φύτρα(Ηθμοί).....	19
4.1.4 Διαφράγματα βάθους.....	21
4.1.5 Ανιχνευτές.....	22
4.1.6 Γεννήτρια υψηλής τάσης.....	23
4.1.7 Μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό.....	24
4.1.8 Υπολογιστικό Τμήμα.....	24
4.1.9 Κονσόλες χειρισμού-επεξεργασίας.....	25
4.1.10 Σύστημα αποτύπωσης εικόνων.....	26
4.1.11 Ανασχηματισμός εικόνας.....	27

Κεφάλαιο 5: Προβλήματα και ασφάλεια λειτουργίας – Σκιαγραφικές ουσίες

5.1 Ψευδενδείξεις(Artifacts).....	30
5.2 Βλάβες.....	36
5.3 Μέτρα-κανόνες ασφαλούς λειτουργίας.....	36
5.4 Σκιαγραφικές ουσίες.....	38

Κεφάλαιο 6: Τομογράφος Ποζιτρονίων(PET/CT)

6.1 Εισαγωγή-Ορισμός.....	39
6.2 Σκοπός Χρήσης.....	40
6.3 Δυνατότητα αξιολόγησης χημειοθεραπειών.....	40
6.4 Τρόπος λειτουργίας του PET/CT.....	40
6.5 Ο ρόλος του PET/CT στην κλινική πράξη.....	42
6.6 Ο ρόλος του PET/CT στην Ογκολογία.....	42

Μέρος Δεύτερο: Διαγνωστικοί Υπέρηχοι

Κεφάλαιο 7

7.1 Εισαγωγή.....	44
7.2 Ιστορική Αναδρομή.....	44
7.3 Ορισμός.....	46
7.4 Σκοπός Χρήσης.....	46
7.5 Χαρακτηριστικά του ήχου.....	47

7.6 Ταχύτητα του ήχου.....	48
7.7 Ένταση ηχητικής δέσμης.....	50
7.8 Σχετική ένταση ήχου.....	50
Κεφάλαιο 8: Ειδικά χαρακτηριστικά Υπερήχων	
8.1 Παραγωγή-ανίχνευση υπερήχων.....	52
8.2 Περιγραφή-χαρακτηριστικά πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου.....	54
8.2.1 Δομή Πιεζοηλεκτρικού Κρυστάλλου.....	54
8.3 Θερμοκρασία Curie.....	58
8.4 Αντηχούσα συχνότητα ή ιδιοσυχνότητα.....	59
8.5 Παράγοντας Q(Quality factor).....	60
8.5.1 Χρόνος Απόσβεσης (ring down time).....	61
8.6 Χαρακτηριστικά υπερηχητικής δέσμης.....	62
Κεφάλαιο 9: Αλληλεπιδράσεις υπερήχων-ύλης	
9.1 Ανάκλαση.....	65
9.2 Διάθλαση.....	66
9.3 Απορρόφηση.....	67
9.4 Σκέδαση.....	67
9.5 Συμβολή.....	68
9.6 Περίθλαση.....	69
Κεφάλαιο 10: Διακριτική Ικανότητα	
10.1 Γενικά.....	70
10.2 Αξονική διακριτική ικανότητα.....	70
10.3 Πλευρική διακριτική ικανότητα.....	71
10.4 Διακριτική ικανότητα όγκου.....	72
10.5 Διακριτική ικανότητα αντίθεσης.....	73
Κεφάλαιο 11: Μέθοδοι απεικόνισης	
11.1 Γενικά.....	74
11.2 Απεικόνιση Α-τρόπου.....	74
11.3 Β-τρόπος απεικόνισης.....	75
11.4 Μ-τρόπος απεικόνισης.....	78
11.5 C-τρόπος απεικόνισης.....	79
Κεφάλαιο 12: Υπερηχογραφία συστήματα	
12.1 Στατικά συστήματα.....	80
12.1.1 Τεχνικές Στατικής Σάρωσης.....	80
12.2 Δυναμικά συστήματα ή συστήματα πραγματικού χρόνου.....	81
12.3 Τρόποι σάρωσης.....	82
12.4 Υπερηχογραφία συστήματα ειδικών εφαρμογών.....	91
Κεφάλαιο 13: Οργανολογία	
13.1 Γενικά.....	93
13.2 Παραγωγή και λήψη υπερήχων.....	93
13.3 Προσαρμογή τέταρτου κύματος.....	93
13.4 Εστίαση της δέσμης.....	94
13.5 Υλικό υποστήριξης.....	96
13.6 Κάλυμμα.....	96
13.7 Ακουστικό παράθυρο.....	96
13.8 Ηλεκτρικός συντονιστής.....	97
13.9 Πορεία-επεξεργασία σήματος.....	97
13.10 Πομπός παλμών.....	98
13.11 Παλμός ρολογιού.....	98
13.12 Γραμμικός ενισχυτής ραδιοσυχνότητας.....	98

13.13 Χρονικά αντισταθμιζόμενη ενίσχυση.....	99
13.14 Επεξεργαστής σήματος.....	100
13.15 Στάδια επεξεργασίας σήματος.....	101
13.15.1 Συμπύεση.....	101
13.15.2 Αποδιαμόρφωση.....	101
13.15.3 Προεπεξεργασία-μετεπεξεργασία σήματος.....	102
13.16 Μονάδες παρουσίασης εικόνων.....	103
13.17 Παλμογράφοι καθοδικών ακτίνων.....	103
13.18 Μετατροπείς σάρωσης.....	106
13.19 Φίλτρα(Ηθμοί).....	106
Κεφάλαιο 14: Τεχνικά σφάλματα-προβλήματα και ασφάλεια λειτουργίας	
14.1 Γενικά.....	107
14.2 Σφάλματα διακριτικής ικανότητας.....	107
14.3 Σφάλματα κατεύθυνσης.....	108
14.4 Σφάλματα εξασθένισης.....	108
14.5 Specle.....	108
14.6 Σφάλματα άλλης προέλευσης.....	109
14.7 Προβλήματα & ασφάλεια λειτουργίας.....	109
14.7.1 Δυσμενή περιστατικά.....	109
14.7.2 Συνηθισμένες βλάβες.....	109
14.7.3 Μέτρα ασφαλούς λειτουργίας.....	110
Κεφάλαιο 15: Σύγχρονες εξελίξεις στους υπερήχους-Τεχνική Doppler	
15.1 Χρήση Η/Υ στους υπερήχους.....	112
15.2 Νέες ηχοκαρδιογραφικές τεχνικές.....	113
15.3 Φαινόμενο Doppler.....	113
15.4 Όργανα-τεχνικές Doppler.....	114
15.5 Doppler κατά παλμούς.....	115
15.6 Duplex scan.....	115
15.7 Συστήματα έγχρωμης απεικόνισης της ροής.....	116
15.8 Έγχρωμη απεικόνιση ταχύτητας.....	116
Μέρος Τρίτο: Μαγνητικός Τομογράφος	
Κεφάλαιο 16	
16.1 Εισαγωγή.....	117
16.2 Ιστορική Αναδρομή.....	117
16.3 Σκοπός Χρήσης.....	118
16.4 Μαγνητικές ιδιότητες στοιχειωδών σωματιδίων-Ορισμοί.....	118
16.5 Προσανατολισμός των μαγνητικών ροπών.....	119
Κεφάλαιο 17: Μαγνητισμός συντονισμός-Μαγνήτιση	
17.1 Μαγνητικός.....	122
17.2 Συντονισμός.....	123
17.3 Μαγνήτιση.....	123
17.4 Χρόνοι χαλάρωσης T1-T2.....	126
17.5 Ελεύθερη Απόσβεση Επαγωγής(FID).....	127
Κεφάλαιο 18: Βασικές αρχές απεικόνισης με μαγνητικό συντονισμό	
18.1 Γενικά.....	128
18.2 Χωρική καταγραφή - βαθμιδώσεις πεδίου – πηνία βαθμίδας - μετασχηματισμός Fourier.....	128
18.3 Βαθμιδωτά μαγνητικά πεδία.....	129
18.4 Αντίθεση εικόνας και Αλληλουχίες παλμών.....	132
18.5 Απεικόνιση πολλαπλών τομών και πολλαπλής ηχούς.....	135

18.6 Απεικόνιση 3 διαστάσεων.....	135
18.7 Ποιότητα της εικόνας.....	135
18.8 Σκιαγραφικές ουσίες στον μαγνητικό συντονισμό(Μ.Σ).....	136
Κεφάλαιο 19: Συγκρότηση Μαγνητικού Τομογράφου(Μ.Τ)-Οργανολογία	
19.1 Γενικά.....	139
19.2 Μαγνητικά πεδία.....	140
19.3 Βασικά χαρακτηριστικά μαγνητών.....	140
19.4 Ο ρόλος της έντασης του στατικού μαγνητικού πεδίου.....	140
19.5 Ομοιομορφία(Ομοιογένεια)στατικού μαγνητικού πεδίου.....	141
19.6 Βασική δομή ενός συστήματος απεικόνισης Μ.Σ.....	142
19.7 Είδη πηνίων του συστήματος απεικόνισης Μ.Σ.....	145
Κεφάλαιο 20: Σύγχρονες κλινικές εφαρμογές	
20.1 Λειτουργικές μελέτες εγκεφάλου-FMRI.....	148
20.2 Μεταφοράς Μαγνήτισης(Μ.Μ).....	148
20.3 Κλινικές εφαρμογές της Μ.Μ.....	150
20.4 Χρήσιμες γνώσεις.....	150
Μέρος Τέταρτο: Οικονομικά Δεδομένα	
Κεφάλαιο 21: Κόστος τεχνικού εξοπλισμού(τ.ε)-CT-U/S-MT	
21.1 Γενικά.....	153
21.2 Κατηγοριοποίηση του κόστους.....	154
21.3 Αρχικό κόστος.....	154
21.4 Λειτουργικό κόστος.....	156
21.5 Κόστος Εξέτασης.....	158
Μέρος Πέμπτο: Προμήθειες Τεχνολογικού Εξοπλισμού Μονάδων Υγείας	
Κεφάλαιο 22	
22.1 Σημασία προμήθειας-Ιστορική Αναδρομή.....	161
22.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τις ποσότητες προμήθειας τ.ε.....	161
22.3 Κρατικές προμήθειες-Διαφορά Δημοσίου με Ιδιωτικό τομέα.....	162
22.4 Βασικές αρχές.....	163
22.5 Αναθετούσες αρχές.....	163
22.6 Προμηθευτές.....	164
22.7 Νομικό πλαίσιο.....	164
22.8 Διαδικασίες-Είδη διαγωνισμού.....	164
22.9 Εγγυήσεις διαγωνιζομένων.....	168
22.10 Τρόποι πληρωμής του προμηθευτή.....	168
22.11 Ασυνέπεια προμηθευτή-Κυρώσεις.....	168
22.12 Κατασκευάστριες εταιρείες(προμηθευτρίες).....	169
Συμπέρασμα.....	172
Βιβλιογραφία	
Παράρτημα	

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της πτυχιακής αυτής εργασίας είναι να παρουσιαστεί ο τρόπος εφαρμογής του αξονικού και μαγνητικού τομογράφου καθώς και η εφαρμογή των υπερήχων ως εργαλεία διάγνωσης. Η εργασία αυτή θα βασιστεί λόγω της ιδιαιτερότητάς της στην επεξήγηση τεχνικών εννοιών αλλά και αναφορά σε οικονομικά δεδομένα.

Στο πρώτο μέρος θα ασχοληθούμε με την επεξήγηση τεχνικών εννοιών του αξονικού τομογράφου. Συγκεκριμένα θα αναφερθούμε στο σκοπό χρήσης του, στις αρχές λειτουργίας, καθώς και στα δομικά στοιχεία που τον αποτελούν. Παράλληλα, στο έκτο κεφάλαιο του πρώτου μέρους θα παρουσιαστεί ένα υπερσύγχρονο διαγνωστικό μηχάνημα που έχει άμεση τεχνική σχέση με τον αξονικό, το οποίο ονομάζεται τομογράφος ποζιτρονίων και συμβάλλει στην ανίχνευση και διάγνωση νευρολογικών και ογκολογικών παθήσεων.

Στο δεύτερο μέρος θα επικεντρωθούμε στη λειτουργία των διαγνωστικών υπερήχων, στον τρόπο παραγωγής και ανίχνευσης υπερήχων, στις αλληλεπιδράσεις του με την ύλη καθώς και στις μεθόδους απεικόνισης κ.α. Ιδιαίτερη αναφορά θα γίνει στην οργανολογία των υπερήχων, η οποία αποτελεί «θεμέλιο λίθο» για την κατανόησή των.

Στο τρίτο μέρος αναλύεται η λειτουργία του μαγνητικού τομογράφου, βασικές έννοιες του φαινομένου του μαγνητικού συντονισμού (παρατηρείται στα πυρηνικά συστήματα συγκεκριμένων ατόμων, τα οποία εκμεταλλεύεται ο μαγνητικός τομογράφος) και οι βασικές αρχές απεικόνισης με μαγνητικό συντονισμό.

Το τέταρτο μέρος αποτελείται από οικονομικά δεδομένα που αφορούν τον παραπάνω τεχνικό εξοπλισμό και αναφέρει βασικές έννοιες κόστους που σχετίζονται με αυτό π.χ κόστος εξέτασης, συντήρησης κ.α.

Τέλος, ως πέμπτο μέρος εξετάζεται η έννοια των προμηθειών, οι διαδικασίες με τις οποίες διεξάγονται οι εν λόγω προμήθειες, το ισχύον νομικό πλαίσιο, οι κατασκευάστριες – προμηθεύτριες εταιρείες κ.α.

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΞΕΝΩΝ ΟΡΩΝ

EYPETHPIO ΞΕΝΩΝ ΟΡΩΝ ΑΞΟΝΙΚΟΥ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΥ

Added filtration
Array processors
Artifacts
Axial
Back-projection
Beam hardening effect
Button card
Collimators
Computerized Tomography
Coronal
DAS- Data Acquisition System
Detector Artifacts
Detectors
Display Matrix
Electron gun
Fan angle
Fan beam
Field σελ.
Fourier
Gantry
Generation
Image matrix
Inherent filtration
Laser
Magnetic disks
Motion artifacts
Multiformat camera
Optical disks
Processing Archiving and Communication System
Partial Volume Effect
Patterns
Pencil-like beam
Pixel
Polaroid Type
Projections
Reconstruction
Reconstruction matrix
Ring artifacts
Sagittal
Sampling Frequency
Slice
Slip- Ring
Spiral
Structures
Target Ring

Translation /Rotation
Vidicon
Volume element
X- ray

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΞΕΝΩΝ ΟΡΩΝ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΥ ΠΟΖΙΤΡΟΝΙΩΝ

Collimators

Emission σελ.

Positron

Universal γ-κάμερα

Tomography

EYPETHPIO ΞΕΝΩΝ ΟΡΩΝ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΩΝ ΥΠΕΡΗΧΩΝ

A- mode display
Absortion
Acoustic impedance
Angle of incidence
Annular arrays
Artifacts
Backing block
Backing material
Bandwidth
Barium-Titanate
Base line
Beam focusing
Bell
B-mode
Casing
Chain reaction
Clock pulse
Colour flow imaging
Compound sector scanning
Compression
Contact scanning
Contrast resolution
Convex
Continues wave
Coupling gel
Curie
Decibel
Demodulation
Doppler
Diasonograph
Display units
Duplex scan
Dynamic range
Electrical tuning
Electronic array scanning
Ferroelectrics
Frame rate
Fraunhofer
Fresnel
Gating lobes
Gray scale
Interference
Interpolation
Linear-scan
Matching layer
Minerial oil
Nomimal Frequency

Off axis response
Oscillating transducer
Oscilloscopes
P.Z.T.
Peaks
Phased arrays
Pulsed wave
PV
Quality Factor
Quarter –wave matching
Quartz
Radial mode
Rayleigh
Real time
Reflection
Resonant Frequency
Ring down time
Rochele
Rotating wheel transducer
Scattering
Sector scan
Side lobes
Single pass scanning
Signal processor
Small part imagers
Spatial distortion
Spatial pulse length
Spatial resolution
Speckle
Static systems
Thickness modes
Transducers
Transiter pulser
Ultrasonic cardiography
Wave front

EYPETHPIO ΞΕΝΩΝ ΟΡΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΥ

**Amplitude
Artifacts
Back projection
Damadian
Echo
Electromagnetic induction
Element
Excited state
Field gradients
Fourier
Free Induction Decay
Frequency
Gauss
Golay
Gradient coils
Ground state
Hybrid
In vitro
Inversion
Landmarking
Larmor
Lauterbur
Longitudinal component
Longitudinal magnetization
Magnetic
Magnetization
Multiecho
Multislice
Nuclear
Permanent
Phase
Pixel
Precession
Purcell
Relaxation
Resistive
Resonance
Saddle
Saturation recovery
Selection
Shim
Slice
Smithsonian Institution
Spatial encoding
Spatial registration
Spin
Superconductive**

Surface
Tesla
Transverse magnetization
Voxel
X-ray

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΞΕΝΩΝ ΟΡΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Computerized

Tomography

Ultrasound

Magnetic

Tesla

Films

Gel

EYPETHPIO ΞΕΝΩΝ ΟΡΩΝ / ΠΡΟΜΗΘΕΙΕΣ

Siemens

Sienet

Picture

Archiving

Communication

System

Time

Operation

Performance

Medical

Turn- Key

Diorhar

Ergo

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ ΑΞΟΝΙΚΟΥ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΥ

Υ.Τ = Υπολογιστική Τομογραφία

C.T = Computerized Tomography

ADC = Analogic to Digital Converter

CPU = Κεντρική μονάδα επεξεργασίας

RAM = Δυναμική μνήμη

PACS = Processing Archiving Communication System

ΓΣΕ = Γραμμικός Συντελεστής Εξασθένισης

EAT = Ελικοειδής Αξονική Τομογραφία

3D = Τρισδιάστατη

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΥ ΠΟΖΙΤΡΟΝΙΩΝ

CT= Computerized Tomography

F-18= Φθόριο

MT= Magnetic Tomography

MRI= Magnetic Resonance Imaging

H/Y= Ηλεκτρονικός Υπολογιστής

PET= Positron Emission Tomography

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟΥ ΥΠΕΡΗΧΟΥ

dB= decibel

P. Z. T.= μόλυβδος-ζirkόνιο-τιτάνιο

H/Y= Ηλεκτρονικός Υπολογιστής

v= συχνότητα

λ= μήκος κύματος

T= πάχος κρυστάλλου(βλ. σελίδα 59)

Q. F.= Quality Factor

χ. δ. ι.= χωρική διακριτική ικανότητα

α. δ. ι.= αξονική διακριτική ικανότητα

π. δ. ι.= πλευρική διακριτική ικανότητα

δ. ι. ο.= διακριτική ικανότητα όγκου

A-mode=Amplitude modulation(διαμόρφωση πλάτους)

B-mode= Brightness modulation

T. M. mode = Time motio-mode

UCH=Ultrasonic cardiography

OV= Field of view(πεδίο τομής)

RR= Pulse Repetition rate

Z= εμπέδηση(βλ. σελίδα 89)

RF= Radio Frequency(ραδιοσυχνότητα)

UPS= Unit Power Shipley(Σύστημα αδιάλειπτης τροφοδοσίας)VI= Colour

Velocity Imaging(έγχρωμη απεικόνιση ταχύτητας)

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΥ

NMR= Nuclear Magnetic Resonance

MRI= Magnetic Resonance Imaging

ΦΜΣ= Φασματοσκοπία Μαγνητικού Συντονισμού

M.T.= Magnetic Tomography

T = Tesla

G = Gauss

RF = Radio Frequency

FID =Free Induction Decay

PEG=Phase encoding gradient

SR = Saturation Recovery

IR = Inversion Recovery

SE = Spin Echo

TR = Time Repetition

TE = Time to Echo

FSE= Fast Spin Echo

SNR= Signal to Noise Ratio

ms = χιλιοστά του δευτερολέπτου

FMRI= Functional imaging of the brain

MTC = Magnetization transfer contrast

MM= Μεταφορά Μαγνήτισης

YT= Υπολογιστική Τομογραφία

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

CT= Computerized Tomography

U/S= Ultrasonic

MT= Magnetic Tomography

ΔΥ = Διαγνωστικός Υπέρηχος

T = Tesla

τ.μ. = τετραγωνικό μέτρο

ΦΠΑ= Φόρος Προστιθέμενης Αξίας

Lt = λίτρο

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΩΝ

Ε.Ε.= Ευρωπαϊκή Ένωση

Π.Ο.Ε= Παγκόσμιος Οργανισμός Εμπορίου

Τ.Ε.= Τεχνολογικός Εξοπλισμός

Ε.Π.Π.Π.= Επιτροπή Πολιτικής Προγραμματισμού Προμηθειών

Φ.Ε.Κ. = Φύλλο Εφημερίδος Κυβέρνησης

Α.Ε. = Ανώνυμη Εταιρεία

PACS= Picture Archiving Communication System

TOP = Time Operation Performance

Α.Ε.Β.Ε.= Ανώνυμη Εμπορική Βιομηχανική Εταιρεία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΑΞΟΝΙΚΟΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΣ(CT)

1.1 Εισαγωγή

1.2 Σκοπός Χρήσης

1.3 Αρχές Λειτουργίας



ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΑΞΟΝΙΚΟΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Εισαγωγή

Η υπολογιστική τομογραφία (Υ.Τ.) ή CT, όπως έχει επικρατήσει διεθνώς από τα αρχικά των λέξεων Computerized Tomography, είναι μια ακτινοδιαγνωστική εξέταση, που βασίζεται στον ανασχηματισμό (Reconstruction) της εσωτερικής μορφολογίας των διαφόρων οργάνων του σώματος από τη σύνθεση πολλαπλών προβολών της περιοχής του σώματος, που εξετάζεται. Η διαδικασία της ανακατασκευής της εικόνας γίνεται με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η μελέτη του σώματος γίνεται σε διαδοχικές συνήθως εγκάρσιες (Axial) τομές με δυνατότητα ανασχηματισμού της εικόνας σε άλλους άξονες, όπως ο στεφανιαίος ή μετωπιαίος (coronal) και ο οβελιαίος (Sagittal). Η απόδοση του όρου Axial, σαν αξονική, οδήγησε στην ερμηνεία και καθιέρωση της ονομασίας αξονική τομογραφία, που δεν είναι κατά τη γνώμη μας επιτυχής. Η μαθηματική μέθοδος ανασχηματισμού εικόνων, από ακτινολογικές προβολές, οφείλεται στον A. Cormack, καθηγητή της Φυσικής στο Πανεπιστήμιο Tufts των ΗΠΑ. Η δημιουργία του πρώτου μηχανήματος υπολογιστικής τομογραφίας και η χρησιμοποίηση της νέας τεχνολογίας στην πρακτική Ιατρική οφείλεται στις προσπάθειες του ηλεκτρονικού φυσικού G. Hounsfield. Η πρώτη επιστημονική ανακοίνωση, για τη νέα τεχνική έγινε στο ετήσιο συνέδριο των Βρετανικών Ινστιτούτων Ακτινολογίας, από τους Ambrose και Hounsfield το 1972.

Οι Cormack και Hounsfield τιμήθηκαν με το βραβείο Nobel της Ιατρικής το 1979.

1.2 Σκοπός χρήσης

Αρχικά χρησιμοποιήθηκε μόνο σε εξετάσεις εγκεφάλου και σπονδυλικής στήλης. Στη συνέχεια σε εξετάσεις κοιλίας, πνευμόνων, οστών και μαλακών μορίων, με περιορισμό των άλλων ακτινολογικών μεθόδων. Επειδή μπορεί να γίνει σαφής εντοπισμός εσωτερικών εστιών

στα διάφορα όργανα του σώματος, γίνονται βιοψίες με την καθοδήγηση του CT ανώδυνα και ακίνδυνα, και με εξαιρετική ακρίβεια, με συνέπεια την έγκαιρη θεραπεία του ασθενούς και τον περιορισμό ημερών νοσηλείας. Τελευταία χρησιμοποιείται για τοπική θεραπεία όγκων του ήπατος με έγχυση ουσιών (αλκοόλης), Laser και ραδιοσυχνότητες κ.λ.π. Με την συνεχή βελτίωση των υπολογιστών οι οποίοι έχουν άμεση σχέση με τα προγράμματα του CT έχουμε φθάσει σε επίπεδο ενδοσκοπικής μελέτης των κοίλων οργάνων εικονικά, λαμβάνοντας τις συνήθεις τομές, (κολονοσκόπηση, κυστεοσκόπηση κ.λ.π.)

Κάποιες πιο εξειδικευμένες εξετάσεις που μπορούν να γίνουν με την βοήθεια του αξονικού τομογράφου είναι οι εξής:

A) Διαδερμική κατευθυνόμενη υπό τον αξονικό τομογράφο αναρρόφηση με λεπτή βελόνα και βιοψία παγκρεατικών αλλοιώσεων.

B) Συμβολή στην απεικόνιση και αντιμετώπιση των συριγγίων του πεπτικού σωλήνα.

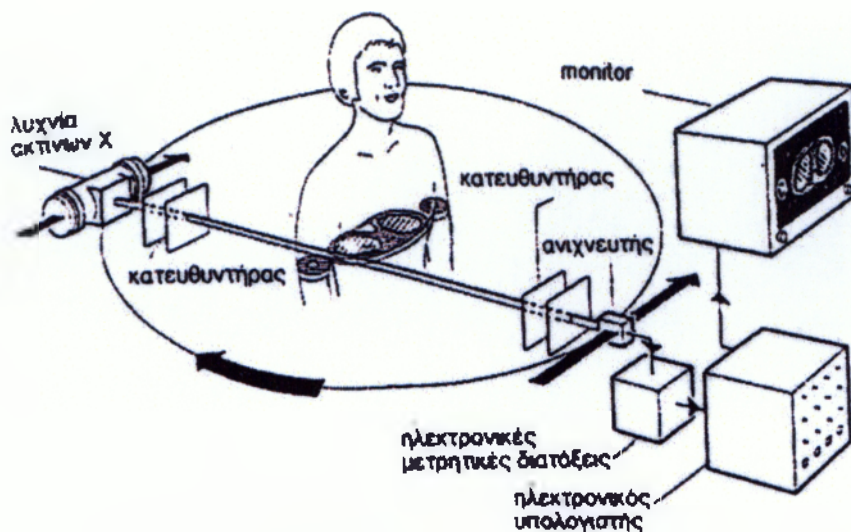
Γ) Διαγνωστική αξία της αξονικής τομογραφίας ελικοειδούς σάρωσης στην έγκαιρη διαγνωστική προσπέλαση των λακώσεων.

Δ) Συμβολή στη διάγνωση αλλοιώσεων των επινεφριδίων.

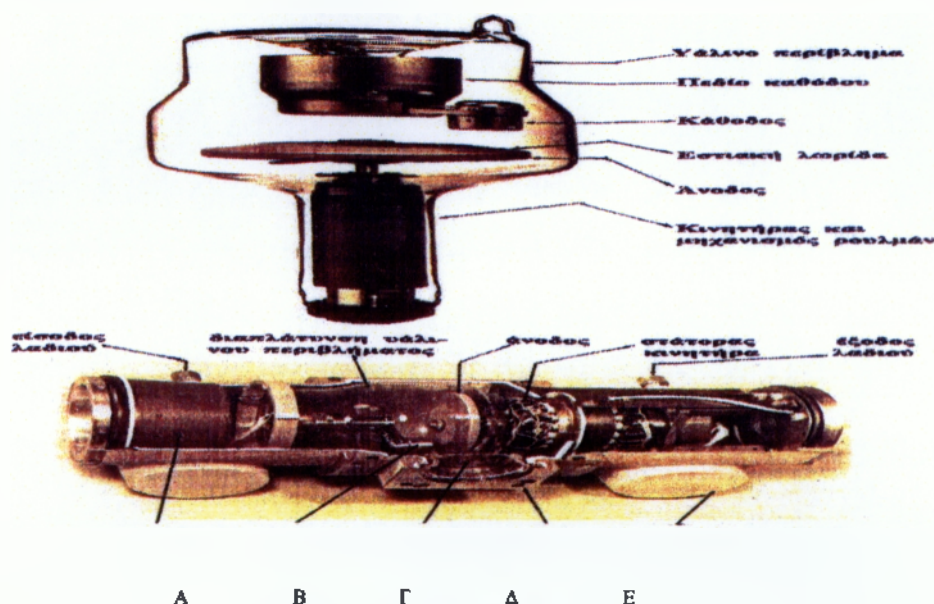
E) Βιοψία σε εστιακές και διάχυτες αλλοιώσεις νεφρού.

1.3 Αρχές Λειτουργίας

Το σχήμα 1.1 απεικονίζει σχηματικά τα βασικά μέρη του υπολογιστικού τομογράφου και τον τρόπο που αυτά συνεργάζονται: καθώς η λυχνία ακτινών Χ(Σχ. 1.2) κινείται γύρω από το σώμα του ασθενή (επιμήκη άξονα), ανά συγκεκριμένη γωνιακή απόσταση της τάξης της μίας μοίρας (προβολική κατεύθυνση) εκπέμπει λεπτή δέσμη ακτινοβολίας.



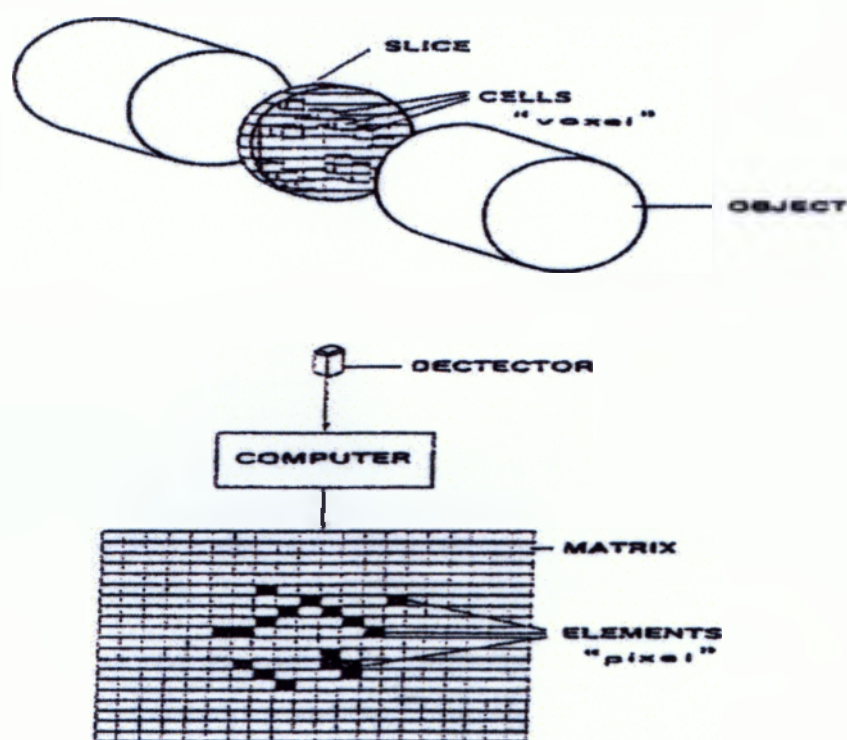
Σχήμα 1.1 : Διαγραμματική απεικόνιση των βασικών μερών του Υπολογιστικού Τομογράφου και του τρόπου που αυτά συνεργάζονται



Σχήμα 1.2 Λυχνία ακτίνων X

- (Α) Βάση τροφοδοσίας και ασκοί εκτόνωσης (Β) Κάθοδος (Γ) Εσθιακή λωρίδα (Δ) Κατευθυντήρας ακτίνων X (Ε) Σύνδεση της τροφοδοσίας από την πλευρά της ανόδου

Η λεπτή αυτή δέσμη ακτινοβολίας, αφού διαπεράσει την εξεταζόμενη περιοχή, εξέρχεται εξασθενημένη λόγω της απορρόφησης ενέργειας από τους διάφορους ιστούς του σώματος που παρεμβάλλονται στην διαδρομή της. Οι διάφορες τιμές εξασθένησης της ακτινοβολίας από κάθε προβολή καταγράφονται με την βοήθεια ειδικών ανιχνευτών (Detectors) που βρίσκονται σε αντιδιαμετρική θέση με την εστία της ακτινολογικής λυχνίας. Οι ανιχνευτές μετατρέπουν τις ακτίνες X σε ηλεκτρικά σήματα τα οποία, μέσω ηλεκτρονικών διατάξεων, μεταφέρονται με κωδικοποιημένη μορφή στον Η/Υ, όπου γίνεται η επεξεργασία και η ανασύνθεση των πληροφοριών. Η εικόνα αυτή απεικονίζεται σε μια οθόνη για την κλινική της αξιολόγηση.



Σχήμα 1.3 Διαδικασία ανακατασκευής εικόνας

Όπως αναφέρθηκε ήδη, η βασική αρχή λειτουργίας του Υ.Τ είναι η λήψη εγκάρσιων διατομών της περιοχής του σώματος που μας ενδιαφέρει μέσω της καταγραφής της εξασθένησης της δέσμης των ακτίνων X που διαπερνά την περιοχή αυτή. Η ένταση της ακτινοβολίας μετά την έξοδό της από το σώμα καθορίζεται από την σχέση(1) :

$$(1) I = I_0 \cdot e^{-\mu x}$$

όπου I η ένταση της ακτινοβολίας εξόδου.

I_0 η ένταση της ακτινοβολίας εισόδου.

μ ο συντελεστής εξασθένησης της ακτινοβολίας.

χ πάχος τομής.

Η σχέση αυτή δηλώνει ότι όσο μεγαλώνει το πάχος τομής η ένταση της ακτινοβολίας εξόδου μικραίνει και ο συντελεστής αυξάνει. Όμως, επειδή το σώμα δεν είναι ομογενές το μέτρο της έντασης της εξερχόμενης, από κάθε προβολική κατεύθυνση, ακτινοβολίας είναι διαφορετικό. Δηλαδή, κάθε στοιχειώδης μονάδα της τομής του υπό εξέταση σώματος έχει τον δικό του συντελεστή εξασθένησης. Για την ανακατασκευή, λοιπόν της εικόνας απαιτείται ο υπολογισμός των συντελεστών εξασθένησης όλων των στοιχειωδών μονάδων (pixels) που αποτελούν κάθε τομή και η μαθηματική επεξεργασία της κατανομής τους (αλγόριθμος). Το σύνολο των στοιχειωδών μονάδων, όπως αυτές αποθηκεύονται στον Η/Υ, ορίζει την μήτρα ανακατασκευής της εικόνας (Reconstruction Matrix). Η βασική μονάδα σύνθεσης είναι λοιπόν, η στοιχειώδης κυψέλη (Volume element - voxel). Πολλές στοιχειώδεις κυψέλες συνθέτουν την τομή (slice), που είναι το τομογραφικό επίπεδο του οργάνου που εξετάζεται (σχήμα 1.3). Η τομή αυτή απεικονίζεται στην οθόνη σαν μία εικόνα δύο διαστάσεων σε επίπεδη επιφάνεια (μήτρα απεικόνισης - Display Matrix). Η απεικόνιση της τομής (εικόνα) εμφανίζεται στην οθόνη με διαβαθμίσεις του γκρι, ανάλογα με την τιμή του συντελεστή εξασθένησης. Περιοχές του σώματος με υψηλό συντελεστή εξασθένησης, όπως είναι τα οστά, εμφανίζονται λευκές, ενώ περιοχές με μικρότερο συντελεστή εξασθένησης, όπως οι μαλακοί ιστοί παρουσιάζονται γκριζες ή μαύρες. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι, ενώ η ανακατασκευή της εικόνας και η απεικόνιση γίνονται σε δύο διαστάσεις, στην πραγματικότητα αντιπροσωπεύονται τρισδιάστατες δομές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΕΝΙΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΜΟΓΡΑΦΩΝ(Υ.Τ.)

2.1 Γενικά

2.1.1 Συστήματα 1^{ης} γενιάς

2.1.2 Συστήματα 2^{ης} γενιάς

2.1.3 Συστήματα 3^{ης} γενιάς

2.1.4 Συστήματα 4^{ης} γενιάς

2.1.5 Συστήματα 5^{ης} γενιάς

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΕΝΙΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΜΟΓΡΑΦΩΝ

2.1 Γενικά περί συστημάτων Υ.Τ.

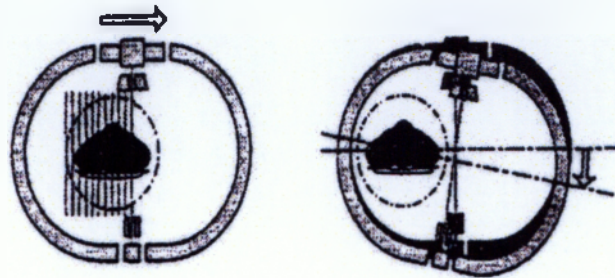
Στην διαχρονική εξέλιξη των υπολογιστικών τομογράφων υπεισέρχεται η έννοια της γενιάς (Generation). Αυτή αναφέρεται στην διάταξη της λυχνίας και των ανιχνευτών, την κίνηση και τον αριθμό των ανιχνευτών. Όλα αυτά στοχεύουν στην λήψη διαγνωστικής εικόνας με υψηλή διακριτική ικανότητα, και στην μείωση της δόσης ακτινοβολίας και του χρόνου εξέτασης. Αντίθετα η γενιά δεν σχετίζεται με τα υπόλοιπα μέρη του υπολογιστικού τομογράφου, ούτε με την εξέλιξη του H/Y του συστήματος.

2.1.1 Συστήματα Υ.Τ. 1ης γενιάς.

Τα συστήματα Υ.Τ 1ης γενιάς είχαν μία λυχνία ακτίνων-χ συνήθως σταθερής (όχι στρεφόμενης) ανόδου, και έναν ανιχνευτή απέναντι από την λυχνία. Η δέσμη ήταν γραμμική και πολύ λεπτή (pencil-like beam). Ο ανιχνευτής ήταν ακλόνητα συνδεδεμένος με τη λυχνία έτσι ώστε να ακολουθεί τις κινήσεις της. Η λυχνία και ο ανιχνευτής εκτελούσαν μία γραμμική μεταφορική κίνηση, σε σχέση με τον ασθενή, κατά τη διάρκεια της οποίας ολοκληρωνόταν μία σάρωση της θεωρούμενης διατομής του σώματος. Στην συνέχεια, μετέβαλλαν την γωνία τους κατά 1° και επαναλάμβαναν την γραμμική μεταφορική κίνηση (σχήμα 2.4). Κατά την διάρκεια της κίνησης αυτής ο ανιχνευτής μετρούσε 160 φορές την προσπίπτουσα ακτινοβολία. Κατά την διάρκεια της στροφής 1° δεν λαμβάνονταν μετρήσεις. Προκειμένου να ληφθούν οι απαραίτητες πληροφορίες, η διαδικασία της μετατόπισης / περιστροφής (translation / rotation), συνεχιζόταν μέχρις ότου καλυφθεί μία γωνία 180° γύρω από τον ασθενή. Συνεπώς ο συνολικός αριθμός των μετρήσεων ήταν $180 \times 160 = 28000$.

Η μέθοδος αυτή απαιτούσε αρκετά λεπτά (περίπου 5) για την ολοκλήρωση της. Για το λόγο αυτό τα μηχανήματα πρώτης γενιάς χρησιμοποιούνταν κυρίως για εξετάσεις κρανίου, επειδή τα ακούσια μέρη του σώματος δημιουργούσαν παράσιτα (artifacts) που επηρέαζαν σημαντικά την ποιότητα της εικόνας. Ένας τρόπος μείωσης του χρόνου σάρωσης ήταν η χρησιμοποίηση

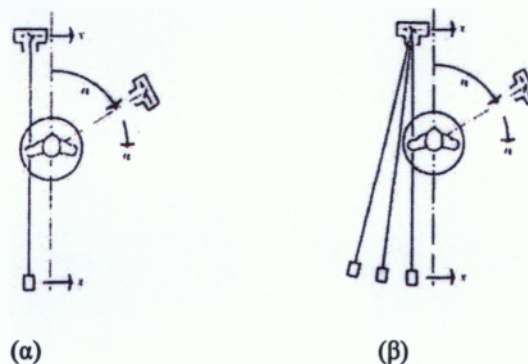
δύο ή τριών ανιχνευτών (σχήμα 2.5) οι οποίοι ήταν ο ένας πίσω (δίπλα) από τον άλλο με τέτοιο τρόπο ώστε να γίνεται συγχρόνως λήψη δύο ή τριών τομών.



Μεταφορά

Περιστροφή

Σχήμα 2.4 : Σχηματική παράσταση Υ. Τ 1^{ης} γενιάς. Διακρίνεται η διάταξη της λυχνίας και του ανιχνευτή σε σχέση με τον ασθενή



Σχήμα 2.5 : (α) Σύστημα 1^{ης} γενιάς με ένα ανιχνευτή

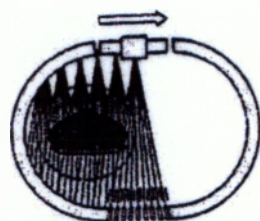
(β) Σύστημα 1^{ης} γενιάς με περισσότερους ανιχνευτές

2.1.2 Συστήματα Υ.Τ. 2^{ης} γενιάς

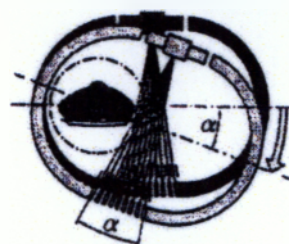
Τα συστήματα 2ης γενιάς έχουν την ίδια διάταξη λυχνίας και ανιχνευτών όμως έχει αυξηθεί ο αριθμός των ανιχνευτών. Ο αριθμός αυτός φθάνει συχνά τους 30 ανιχνευτές, τον έναν δίπλα στον άλλο. Το σχήμα της δέσμης έχει μορφή βεντάλιας (fan beam) δηλαδή κυκλικού τομέα. Η στροφική κίνηση της λυχνίας ύστερα από κάθε γραμμική μεταφορική κίνηση είναι πολύ μεγαλύτερη από 1° (σχήμα 2.6). Ο απαιτούμενος χρόνος εξαρτάται από τον αριθμό των ανιχνευτών. Η αύξηση του αριθμού των ανιχνευτών είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση του

χρόνου σάρωσης σε 20 sec περίπου, που επέτρεπε στον ασθενή να κρατά την αναπνοή του για την πραγματοποίηση της εξέτασης.

Η μείωση του χρόνου σάρωσης ήταν ένα βασικό επίτευγμα της τεχνολογίας, επειδή επέτρεπε τη λήψη εικόνων χωρίς παράσιτα αυξάνοντας τη διαγνωστική τους αξία.



Μεταφορά



Περιστροφή

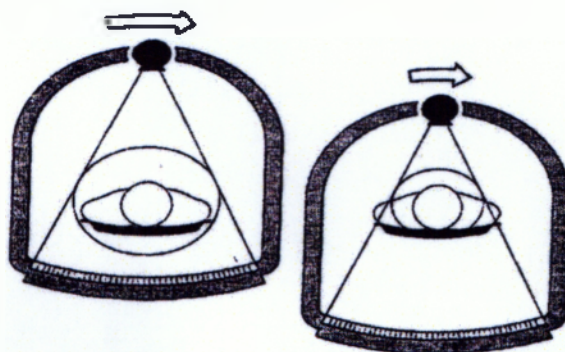
Σχήμα 2.6 : Σχηματική παράσταση Υ. Τ 2^{ης} γενιάς. Διακρίνεται η διάταξη της λυχνίας και των ανιχνευτών σε σχέση με τον ασθενή.

2.1.3 Συστήματα Υ.Τ. 3^{ης} γενιάς

Η 3^η γενιά Υ.Τ ήταν κάτι το τελείως καινούργιο σε σύγκριση με τις προηγούμενες. Αυτή χαρακτηρίζεται από την κατάργηση της γραμμικής μετατόπισης/περιστροφής της διάταξης λυχνίας και ανιχνευτών, και την αντικατάστασή της από μία καθαρά περιστροφική κίνηση (σχήμα 2.7). Στη γενιά αυτή αυξάνεται σημαντικά η γωνία της δέσμης (μεγαλύτερη από 40°).

Έτσι καλύπτεται ολόκληρη η επιφάνεια της διατομής. Ο αριθμός των ανιχνευτών αυξάνεται γύρω στους 800 μέσα στη γωνία που "βλέπει" η λυχνία (fan angle), και ο χρόνος σάρωσης περιορίζεται στα 2 έως 10 sec. Η γεωμετρική διάταξη της λυχνίας και των ανιχνευτών είναι σε σταθερό σχήμα και περιστρέφεται γύρω από τον ασθενή διαγράφοντας γωνία 360°. Μία βελτιωμένη έκδοση συστημάτων 3^{ης} γενιάς χρησιμοποιεί την αρχή της γεωμετρικής μεγέθυνσης. Η γεωμετρική μεγέθυνση επέτρεψε την αλλαγή της απόστασης μεταξύ της ακτινολογικής λυχνίας και του άξονα περιστροφής, με τη διάταξη λυχνίας / ανιχνευτών να παραμένει σταθερή, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η εξέταση οργάνων μικρής ή μεγάλης διαμέτρου αξιοποιώντας όλο τον αριθμό των ανιχνευτών. Εξ' αιτίας της αύξησης της γωνίας της δέσμης, το εμβαδό της ακτινοβολούμενης περιοχής είναι μεγαλύτερο από τη διατομή που πρόκειται να απεικονιστεί. Συνεπώς τα ακραία τμήματα της δέσμης δεν διαπερνούν το σώμα

του ασθενούς. Κατά αυτό τον τρόπο η ένταση της ακτινοβολίας που καταγράφουν οι ακραίοι ανιχνευτές δεν έχει υποστεί εξασθένηση από τους βιολογικούς ιστούς (τα πρωτεύοντα σύνολα μετρήσεων προέρχονται από τις κεντρικές προβολές). Η ένταση αυτή χρησιμοποιείται στο να ληφθούν υπόψη στους υπολογισμούς, οι διακυμάνσεις στην ακτινοβολία που εξέρχεται από την λυχνία. Σημαντικό πρόβλημα αποτελεί η ανάγκη για συνεχή ρύθμιση των ανιχνευτών (ιδίως όσων αποτελούνται από σπινθηριστές). Αυτά επιβάλλεται επειδή υφίστανται συνεχείς αποκλίσεις στην απόκριση τους. Δηλαδή έχουν διαφορετικό σήμα εξόδου για ίδια ένταση ακτινοβολίας. Όμως η ρύθμιση τους δε διευκολύνεται κατά τη διάρκεια μιας πλήρους περιστροφής αφού ακτινοβολούνται συνεχώς.



Σχήμα 2.7: Σχηματική παράσταση Υ.Τ. 3^{ης} γενιάς. Διακρίνεται η διάταξη της λυχνίας και των ανιχνευτών σε σχέση με τον ασθενή, χωρίς και με γεωμετρική μεγέθυνση.

2.1.4 Συστήματα Υ.Τ. 4^{ης} γενιάς

Η 4η γενιά υπολογιστικών τομογράφων είναι απλά και μόνο παραλλαγή των συστημάτων 3ης γενιάς για την εξουδετέρωση των παρασίτων λόγω κυκλικής περιστροφής (RING ARTIFACTS). Στην γενιά αυτή διατηρείται η περιστροφική κίνηση της λυχνίας, αλλά οι ανιχνευτές βρίσκονται σε σταθερή κυκλική διάταξη γύρω από τον ασθενή (σχήμα 2.8). Αυτή η διάταξη έχει σαν αποτέλεσμα την περιστροφή της λυχνίας με υψηλή ταχύτητα με συνέπεια την μείωση του χρόνου σάρωσης. Ο χρόνος σάρωσης δεν μειώνεται ουσιαστικά, αλλά διευκολύνεται η ρύθμιση των ανιχνευτών. Για κάθε διαφορετική θέση της λυχνίας, ακτινοβολείται μια ορισμένη ομάδα ανιχνευτών (απέναντι από την λυχνία). Οι υπόλοιποι παραμένουν ελεύθεροι για ρύθμιση. Στα συστήματα τέταρτης γενιάς (αλλά και της τρίτης) χρησιμοποιείται λυχνία στρεφόμενης ανόδου με πολύ μικρή εστία. Σε πολλές περιπτώσεις η

εκπομπή γίνεται κατά επαναλαμβανόμενους παλμούς μικρής χρονικής διάρκειας. Με την παλμική εκπομπή ελαττώνονται οι ασάφειες που προκαλούνται από την κίνηση του συστήματος λυχνία-ανιχνευτές (gantry). Επίσης διευκολύνεται η ρύθμιση(σταθεροποίηση) των ανιχνευτών στο μεσοδιάστημα 2 παλμών.

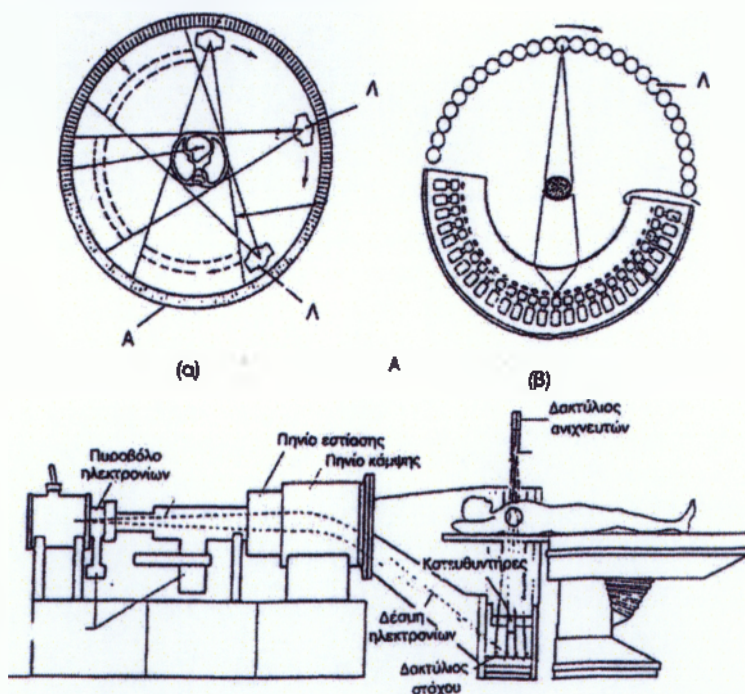
περιστροφή με σταθερή
κυκλική διάταξη ανιχνευτών



αρχή της αντιστροφής
της κωνικής δέσμης



Σχήμα 2.8 : Σχηματική παράσταση Υ. Τ 4^{ης} γενιάς. Φαίνεται η περιστροφική κίνηση μόνο της λυχνίας σε σχέση με την σταθερή κυκλική διάταξη των ανιχνευτών.

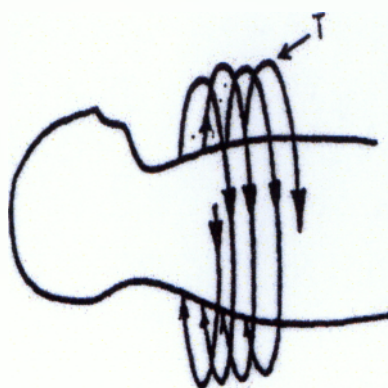


Σχήμα 2.9 : (α) Συστήματα με τρεις λυχνίες, (β) Συστήματα με πολύ μεγάλο αριθμό λυχνιών και φθορίζουσα οθόνη, (γ) Συστήματα χωρίς λυχνία.

2.1.5 Συστήματα Υ.Τ. 5^{ης} γενιάς

Σαν συστήματα 5^{ης} γενιάς μπορούν να χαρακτηριστούν αυτά που διαθέτουν περισσότερες από μία λυχνίες σε διάφορες θέσεις στην περιφέρεια ενός κυκλικού δακτυλίου. Ακόμα, υπάρχουν μηχανήματα που δεν διαθέτουν καθόλου λυχνία. Η λειτουργία των μηχανημάτων αυτών βασίζεται στην παραγωγή δέσμης ηλεκτρονίων (electron gun) η οποία αφού επιταχυνθεί, εστιάζεται και οδηγείται μαγνητικά μέσω πηνίων στις " ανόδους" (target rings) για την λήψη πολλαπλών τομών (σχήμα 2.9). Σ' αυτήν την περίπτωση την άνοδο αντικαθιστά ένας ημικυκλικός δακτύλιος από Βολφράμιο που περιβάλλει τον ασθενή. Κατ' αυτόν τον τρόπο εκπέμπονται φωτόνια Χ από όλο το μήκος του δακτυλίου. Στην πράξη τα συστήματα αυτά διαθέτουν περισσότερους του ενός δακτυλίους (π.χ. τέσσερις) Βολφραμίου. Οι βομβαρδιζόμενες εσωτερικές επιφάνειες των δακτυλίων έχουν κατάλληλη κλίση. Οι ακτίνες Χ διέρχονται μέσω κατευθυντήρων και προσπίπτουν σε δύο σειρές ανιχνευτών που είναι τοποθετημένοι σε ημικυκλικό δακτύλιο. Κατ' αυτόν τον τρόπο μετά την σάρωση καθενός δακτυλίου Βολφραμίου λαμβάνονται δύο τομές. Η τεχνολογία αυτή επιτυγχάνει χρόνο σάρωσης 50 msec και διαδοχική λήψη 17 τομών ανά δευτερόλεπτο. Η κλινική αξία της γενιάς αυτής έγκειται κατά βάση στη βελτιστοποίηση της διαγνωστικής αξίας (αύξηση των πληροφοριών) όσον αφορά την λειτουργία, την ανατομία και την ανάλυση της αιματικής ροής.

Υπάρχουν επίσης διατάξεις με πολύ μεγάλο αριθμό λυχνιών που σχηματίζουν ένα μεγάλο τόξο (περίπου 180°). Ως ανιχνευτής χρησιμοποιείται μία ημικυκλική φθορίζουσα οθόνη, πίσω από την οποία βρίσκονται οπτικά συστήματα που εστιάζουν τα φωτόνια φθορισμού σε μικρών διαστάσεων ενισχυτές εικόνας. Πίσω από τους ενισχυτές εικόνας διατίθενται λυχνίες λήψης vidicon κ.λ.π. Τελευταία διατίθενται συστήματα στα οποία η τράπεζα κινείται κατά την διάρκεια της σάρωσης. Με τον τρόπο αυτό η σχετική κίνηση της λυχνίας ως προς το σώμα του ασθενούς λαμβάνει ελικοειδή μορφή (Spiral) (σχήμα 2.10). Στο επόμενο κεφάλαιο θα γίνει λόγος για την τελευταίας γενιά Υ.Τ. (6^{ης} γενιάς).



Σχήμα 2.10 : T : τροχιά συνεχώς στρεφόμενης λυχνίας (σε σύστημα Y. T)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΛΙΚΟΕΙΔΗΣ ΑΞΟΝΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ(ΕΑΤ)

3.1 Εισαγωγή

3.2 Ελικοειδής σάρωση

3.3 Συμπεράσματα για τους Υ.Τ. Ελικοειδούς σάρωσης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΛΙΚΟΕΙΔΗΣ ΑΞΟΝΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ (EAT/SPIRAL CT- 6ης ΓΕΝΙΑΣ)

3.1 Εισαγωγή

Η τεχνολογία των απεικονιστικών συστημάτων Υπολογιστικής Τομογραφίας τελευταίας γενιάς έχει εισαγάγει και κάποιους νέους τεχνικούς όρους. Οι όροι αυτοί είναι “ Τεχνολογία Slip-Ring” και “Πρόγραμμα Ογκομετρικής ή Ελικοειδούς Σάρωσης “.Οι καθιερωμένες εφαρμογές Υ.Τ βελτιώθηκαν με την ελαχιστοποίηση των ψευδενδείξεων κίνησης,την εξάλειψη των ψευδενδείξεων κίνησης,την εξάλειψη των ψευδενδείξεων αναπνοής του εξεταζόμενου καθώς και την παραγωγή επικαλυπτόμενων (χρονικά) εικόνων χωρίς επιπρόσθετη έκθεση ακτινοβολίας.

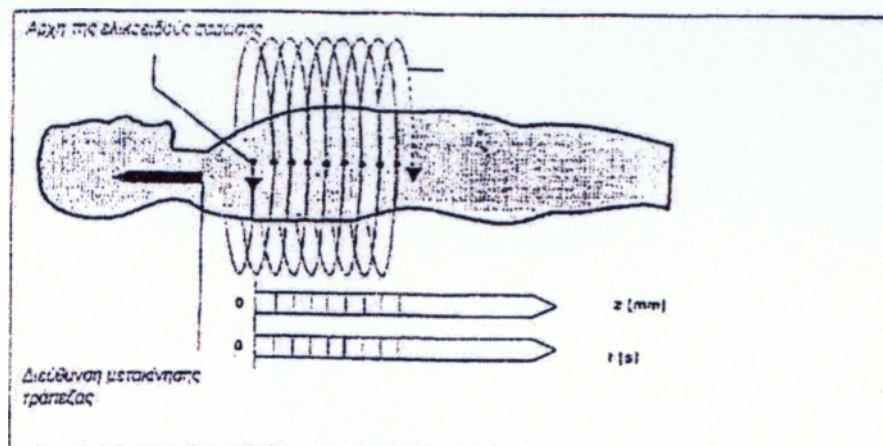
3.2 Ελικοειδής Σάρωση

Η ελικοειδής ή ογκομετρική σάρωση, σαν κλινική εφαρμογή ήταν αναμενόμενη εξέλιξη της τεχνολογίας "slip-ring". Η σάρωση αυτή προκύπτει από μία σύνθετη κίνηση των τμημάτων του Υ.Τ. Πιο συγκεκριμένα από την συνεχή κυκλική περιστροφή της λυχνίας ή του συστήματος λυχνίας - ανιχνευτών και την ταυτόχρονη συνεχή ευθύγραμμη μετατόπιση της εξεταστικής τράπεζας (εξεταζόμενου) εντός του gantry. Επίσης ταυτόχρονα με τις παραπάνω κινήσεις γίνεται και συνεχής λήψη δεδομένων (μετρήσεις). Η σύνθεση της κυκλικής και της ταυτόχρονης ευθύγραμμης κίνησης οδηγεί στην ελικοειδή σάρωση (Σχήμα 3.1).

Με το συγκεκριμένο σύστημα υπάρχει η δυνατότητα συνεχούς απεικόνισης μίας ανατομικής περιοχής του εξεταζόμενου στον ελάχιστο δυνατό χρόνο (μιας αναπνοής), άσχετα από αναπνευστικές ή άλλες κινήσεις. Με την ελικοειδή σάρωση σαρώνεται πλήρως η υπό εξέταση περιοχή και λαμβάνεται ένα σετ τομών / εικόνων οι οποίες είναι είτε ακριβώς διαδοχικές (χωρίς κενό μεταξύ τους), είτε είναι επικαλυπτόμενες.

Ένας σημαντικός παράγοντας σε μία ελικοειδή σάρωση είναι η ταχύτητα μετακίνησης της εξεταστικής τράπεζας και η σχέση της με το πάχος των λαμβανομένων τομών. Στα περισσότερα προγράμματα ελικοειδούς σάρωσης η ταχύτητα μετακίνησης είναι ίση με το

απαιτούμενο πάχος τομής, ενώ σε άλλα υπάρχει η δυνατότητα επιλογής τέτοιας ταχύτητας που να ξεπερνά το πάχος τομής.



Σχήμα 3.1 : Η αρχή λειτουργίας ενός Υ.Τ ελικοειδούς σάρωσης.

3.3 Συμπεράσματα για τους Υ.Τ. ελικοειδούς σάρωσης

Οι Υ.Τ. ελικοειδούς σάρωσης έφεραν την επανάσταση στο χώρο της υπολογιστικής τομογραφίας εξ' αιτίας των μεγάλων πλεονεκτημάτων που έχουν. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι:

- Η συνεχής και πλήρης απεικόνιση ενός ανατομικού όγκου, χωρίς ψευδενδείξεις από κινήσεις και έτσι δυνατότητα ανίχνευσης εστιών σε κινούμενα όργανα (θώρακας, ήπαρ κ.λ.π.).
- Η βέλτιστη χρήση του σκιαγραφικού μέσου ακόμη και σε διαφορετικές φάσεις έγχυσης, που επιτρέπει απεικόνιση κατά τη διάρκεια της αρτηριακής και φλεβικής φάσης, αγγειογραφία κ.λ.π.
- Η ταχύτερη σάρωση ανατομικού όγκου.
- Η ελαχιστοποίηση του συνολικού χρόνου εξέτασης.
- Η μικρού κόστους ελάχιστα επεμβατική αγγειογραφία.
- Η ελάττωση της ποσότητας του σκιαγραφικού μέσου, σε περιπτώσεις που απαιτείται έγχυση.

Τα πλεονεκτήματα αυτά απορρέουν από το γεγονός ότι οι περιοχές ενδιαφέροντος σαρώνονται συνεχώς, παρέχοντας έτσι σε κάθε περίπτωση επικαλυπτόμενες εικόνες. Αυτό το

χαρακτηριστικό είναι πολύ σημαντικό στη σάρωση ανατομικών περιοχών κατά την αυθόρμητη ή μη, κίνηση του εξεταζόμενου. Αυτό συμβαίνει κυρίως σε εξετάσεις στις οποίες ο εξεταζόμενος δεν συνεργάζεται. Είναι φανερό ότι η ελικοειδής σάρωση τείνει να προεκτείνει τις δομές στην κατά μήκος διεύθυνση. Αυτό το γεγονός μπορεί να μειωθεί αυθόρμητα με τους νέους αλγόριθμους, ειδικά με τον αλγόριθμο υψηλότερης βαθμίδας 180° . Το ίδιο όμως συμβαίνει και στους συμβατικούς Υ.Τ. Στο συμβατικό Υ.Τ η επιλογή του πάχους και του διαστήματος των τομών είναι πολύ σημαντική. Η ανάλυση στην κατά μήκος διεύθυνση είναι πολύ κατώτερη από την ανάλυση στους άξονες x , y και στο επίπεδο της εικόνας σε κάθε περίπτωση. Όμως, με τον Υ.Τ. ελικοειδούς σάρωσης υπάρχει μεγάλη βελτίωση σε αυτή την διαδικασία, αφού επιτρέπει την ανακατασκευή εικόνων σε αυθαίρετες θέσεις της εξεταστικής τράπεζας και σε αυθαίρετο διάστημα ανακατασκευής. Με αυτό τον τρόπο παρέχεται ομοιομορφία στο περίγραμμα, στις αναλύσεις πολλαπλών πεδίων.

Με την ελικοειδή σάρωση ακόμη, έγινε δυνατή η σάρωση μιας πολύ μεγάλης περιοχής σε δοσμένο χρόνο (π.χ., επιλέγοντας η ταχύτητα της εξεταστικής τράπεζας να έχει μεγαλύτερες τιμές από το ονομαστικό πάχος τομής). Η επιλογή των παραμέτρων εξαρτάται από τις κλινικές απαιτήσεις και τον διαγνωστικό σκοπό. Όμως ακόμη και αν χρησιμοποιηθεί pitch μεγαλύτερο από 1, η σάρωση είναι συνεχής και δεν πρόκειται σε καμία περίπτωση να υπάρξει κενό (χάσμα), ή να παραβλεφθούν κακώσεις. Για κακώσεις μικρότερες από το πάχος τομής, παρατηρείται μείωση στην αντίθεση, που οφείλεται στην επίδραση του μερικού όγκου. Επιπρόσθετα, με την σάρωση αυξανόμενων περιοχών, οι τιμές του pitch που είναι μεγαλύτερες από 1 προκαλούν μείωση στη μέση δόση που δέχεται το όργανο, αφού η δοσμένη έκθεση διασκορπίζεται σε μεγαλύτερες περιοχές. Η σάρωση με pitch μεγαλύτερα από 1 παρέχει σημαντικά πλεονεκτήματα, αλλά απαιτεί τη χρησιμοποίηση αλγόριθμων 180° έτσι ώστε να διατηρηθεί κατάλληλο το 88P. Με αυτό τον τρόπο απαιτείται μεγαλύτερη υπολογιστική διαδικασία, και προκαλείται μια μικρή αύξηση στο θόρυβο. Οι πιο κατάλληλες επιλογές του πάχους τομής, της ταχύτητας της εξεταστικής τράπεζας και του αλγόριθμου παρεμβολής καθορίζονται πάντα από τις διάφορες κλινικές εφαρμογές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

4.1 Βασικά τμήματα Υπολογιστικού Τομογράφου

4.1.1 Κυρίως σώμα υπολογιστικού τομογράφου (Gantry)

4.1.2 Λυχνία παραγωγής ακτίνων X

4.1.3 Φίλτρα (ηθμοί)

4.1.4 Διαφράγματα βάθους

4.1.5 Ανιχνευτές

4.1.6 Γεννήτρια υψηλής τάσης

4.1.7 Μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό

4.1.8 Υπολογιστικό τμήμα

4.1.9 Κονσόλες χειρισμού- επεξεργασίας

4.1.10 Σύστημα αποτύπωσης εικόνων

4.1.11 Ανασχηματισμός εικόνας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

4.1 Βασικά τμήματα Υπολογιστικού Τομογράφου

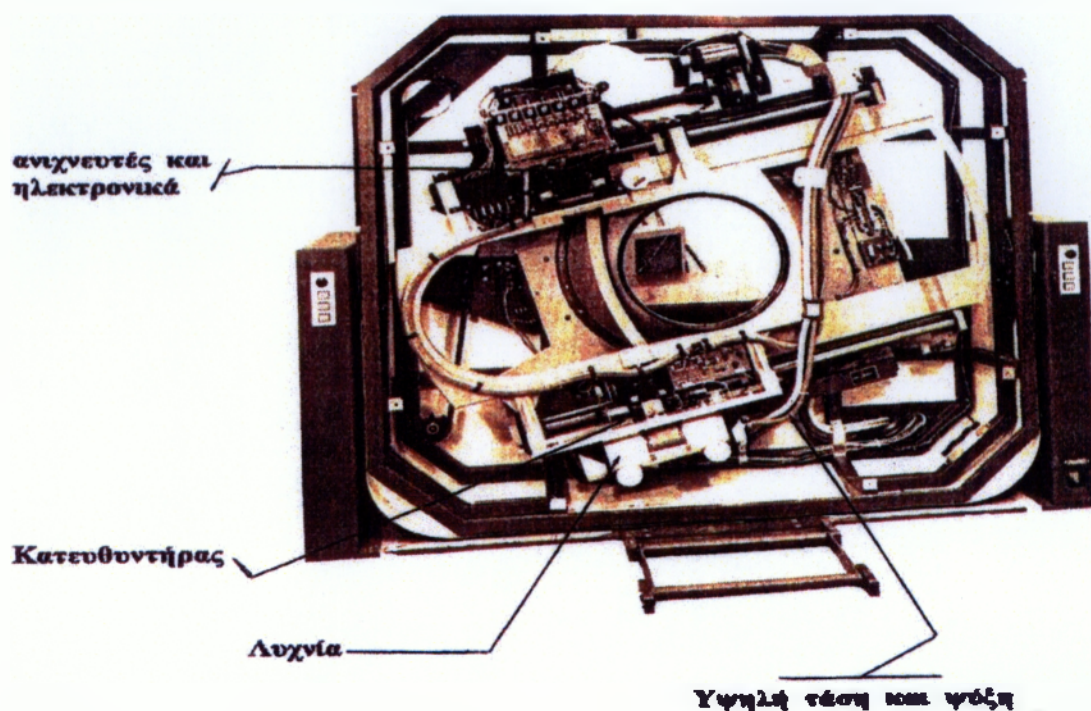
Όλα τα μοντέλα υπολογιστικής τομογραφίας (Υ.Τ) είναι παρόμοια και αποτελούνται από το κυρίως σώμα (gantry), την εξεταστική τράπεζα, την γεννήτρια υψηλής τάσης, το υπολογιστικό σύστημα, την κονσόλα του χειριστή, μια δεύτερη κονσόλα παρακολούθησης και μελέτης και ένα σύστημα αποτύπωσης εικόνων.

4.1.1 Κυρίως σώμα υπολογιστικού τομογράφου (Gantry)

Μέσα στο Gantry βρίσκονται η λυχνία των ακτίνων Χ και οι ανιχνευτές καθώς και τα ηλεκτρονικά μέρη για επεξεργασία και μεταφορά των δεδομένων. Ο ασθενής εισάγεται στο gantry ενώ βρίσκεται πάνω στην εξεταστική τράπεζα.

Σε όλους τους τύπους συστημάτων σάρωσης που έχουν κατασκευαστεί χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο λυχνίες ακτίνων Χ περιστρεφόμενης ανόδου. Ο δίσκος της ανόδου είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο που χρησιμοποιείται στα ακτινογραφικά συστήματα και τυπικά έχει θερμοχωρητικότητες πάνω από 1 MHU¹. Επίσης μέσα στον gantry υπάρχει και ένα σύστημα απαγωγής της θερμότητας που αναπτύσσεται, στην λυχνία. Αυτό αποτελείται από ένα κύκλωμα λαδιού το οποίο ακολουθεί μια κυκλική διαδικασία η οποία υποβοηθάτε από έναν κινητήρα. Ο χρησιμοποιούμενος κατευθυντήρας πριν τον ασθενή ο οποίος βρίσκεται στην έξοδο της λυχνίας ακτίνων-χ καθορίζει το πάχος τομής και αποτελείται από πολλές πλάκες.

¹ MHU: Mega Hounsfield Unit. Αντιπροσωπεύουν διαβαθμίσεις της απόχρωσης του γκρι με κλίμακα από -1000 έως +4000 οι οποίες δημιουργούν την εικόνα. Οι διαβαθμίσεις αυτές επιλέγονται από τον χειριστή που φωτογραφίζει την εξεταζόμενη περιοχή ή τον ιατρό που την μελετά για τη απεικόνιση των διαφόρων μορίων.



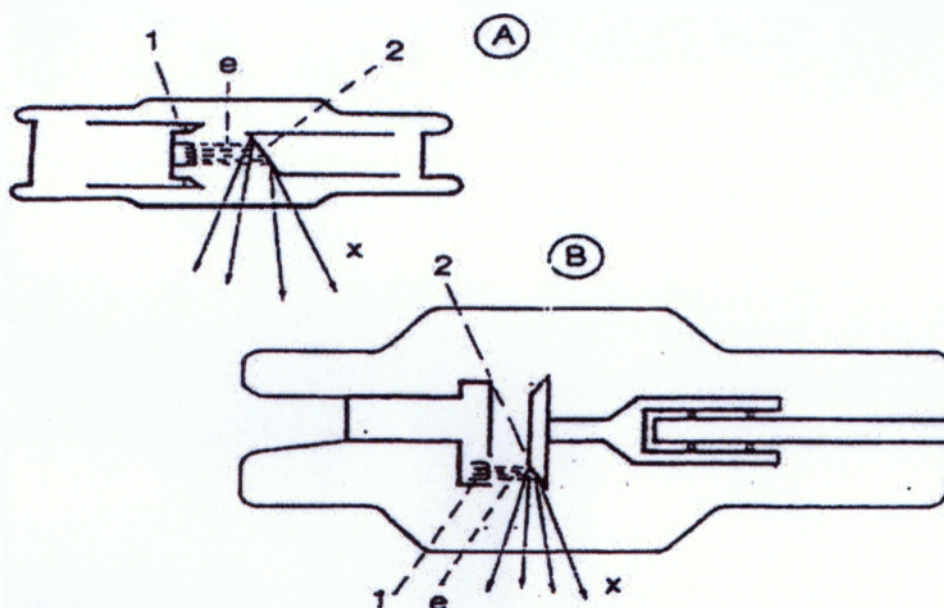
Σχήμα 4.1 : Απεικόνιση των τμημάτων του Υ. Τ που περιέχονται στο Gantry

Οι χρησιμοποιούμενοι ανιχνευτές (περίπου 1000) είναι μικρά στοιχεία (περίπου 1 mm x 25 mm) και μπορεί να είναι θάλαμοι ιονισμού (Ξένου) ή κρύσταλλοι σπινθηρισμού (CsI ή CdWO_4) σε συνδυασμό με φωτοδιόδους. Τα σήματα που παράγονται από τους ανιχνευτές ενισχύονται, ψηφιοποιούνται (ADC) και πολυπλέκονται (MUX) στον υπολογιστή. Οι ανιχνευτές και το σύστημα των ηλεκτρονικών που ακολουθεί (περιλαμβάνει ψηφιοποίηση και πολυπλεξία) αναφέρονται ως σύστημα μεταφοράς δεδομένων (DAS -data acquisition system) και είναι τοποθετημένο στο gantry και συνήθως χρησιμοποιείται για μετατόπιση και διορθώσεις κέρδους και σήματος των ανιχνευτών. Το σχήμα 4.1 δείχνει την μονάδα σάρωσης ενός ολόκληρου συστήματος υπολογιστικής τομογραφίας. Ο gantry μπορεί να παίρνει κλίση $\pm 25^\circ$. Υπάρχουν δύο παράγοντες που καθορίζουν το δυνατό πεδίο εφαρμογής : το πλάτος του πεδίου μέτρησης και το εύρος των μετρούμενων αριθμών - CT. Η διάμετρος του ανοίγματος του gantry μέσα στο οποίο γίνεται η είσοδος του κρεβατιού είναι 50 - 75 cm.

4.1.2 Λυχνία παραγωγής ακτίνων X

Αυτή είναι μια ακτινολογική λυχνία, μέσα στην οποία παράγονται και επιταχύνονται ηλεκτρόνια που ακολούθως προσπίπτουν στην άνοδο της λυχνίας εκπέμποντας ακτίνων X.

Τα σημαντικότερα τμήματα μιας λυχνίας φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί :



Σχήμα 4.2 : Λυχνίες ακτίνων X

A : Λυχνία με ακίνητη άνοδο

B : Λυχνίας στρεφόμενης ανόδου

1 : Νήμα εκπομπής, 2 : Άνοδος

x : ακτίνες x, e : ηλεκτρόνια

Η λυχνία αποτελείται από ένα υάλινο αερόκενο κυλινδρικό δοχείο το επονομαζόμενο σωλήνα ακτίνων X (X-ray tube). Στο εσωτερικό του σωλήνα υπάρχουν :

1. Μια πηγή ηλεκτρονίων.
2. Μια κοιλότητα εστίασης.
3. Μια μεταλλική άνοδος. Υπάρχουν δύο τύποι ανόδου, η ακίνητη και η στρεφόμενη.

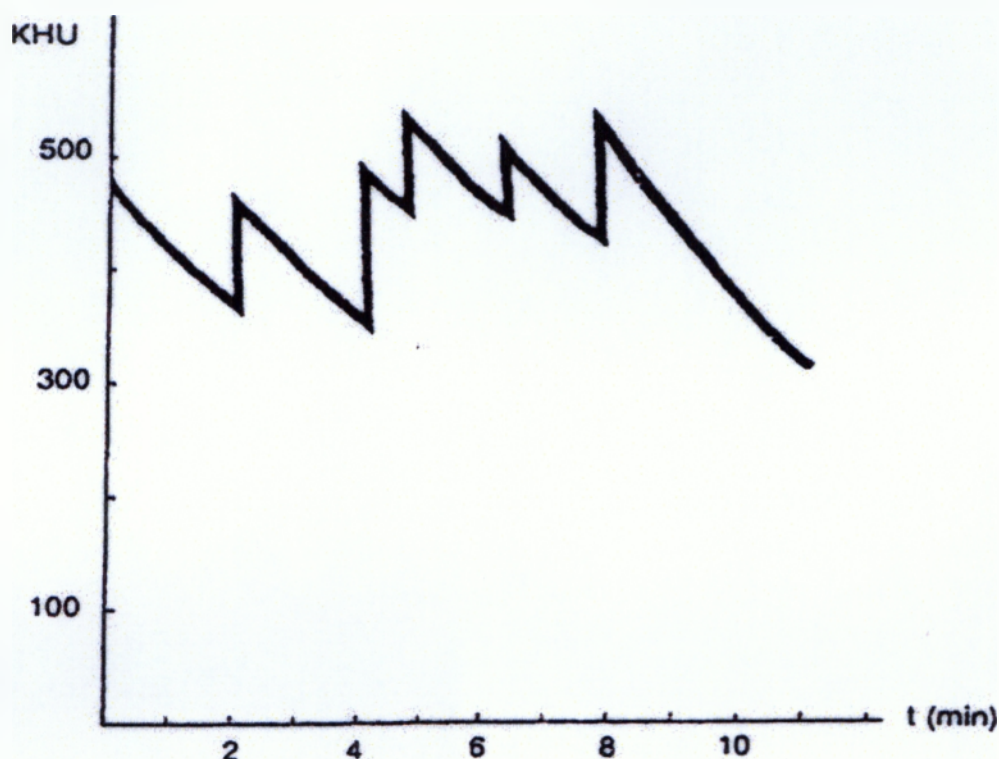
Οι παραγόμενες ακτίνες Χ έχουν ένα φάσμα ενεργειών και η μέγιστη τιμή των ενεργειών αυτών εξαρτάται από την τάση λειτουργίας της λυχνίας. Η τυπική τάση λειτουργίας της λυχνίας είναι 100 ως 120 kV και δεν μεταβάλλεται σημαντικά κατά τα διάφορα είδη εξετάσεων.

Η τιμή του ανοδικού ρεύματος της λυχνίας, που μετριέται σε mA, όταν πολλαπλασιαστεί επί το χρόνο λειτουργίας της λυχνίας, που μετριέται σε sec, δίδει ένα μέγεθος που ονομάζεται mAs (EM-A-EΣ) και το οποίο είναι ανάλογο με τον αριθμό των φωτονίων που θα περάσουν από το σώμα και επομένως και με τη δόση της ακτινοβολίας. Η τιμή των mAs που χρησιμοποιούνται, διαφέρει από εξέταση σε εξέταση. Για την κεφαλή, για παράδειγμα, χρησιμοποιούνται συνήθως 230 mAs, ενώ για το σώμα 115 mAs.

Οι λυχνίες που χρησιμοποιούνται στους Υ.Τ είναι ανώτερων προδιαγραφών από τις λυχνίες της κλασικής ακτινογραφίας και αντικαθίστανται με καινούργιες μετά από τη λήψη μερικών χιλιάδων τομών, περίπου 20.000 τομών ή μετά από ένα χρόνο χρήσης. Το κόστος της κυμαίνεται γύρω στις 60.000 ευρώ. Έχει παρατηρηθεί ότι έχουν μεγάλη αντοχή και ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι η λυχνία του αξονικού τομογράφου του Νοσοκομείου “Παίδων” που δεν έχει αλλαχθεί εδώ και 12 χρόνια.

4.1.3 Φίλτρα (ηθμοί)

Το φάσμα μιας δέσμης ακτίνων χ που παράγεται στο στόχο περιέχει μια μεγάλη ποσότητα φωτονίων χαμηλών ενεργειών. Τα φωτόνια αυτά δεν συμβάλλουν στον σχηματισμό ακτινοδιαγνωστικών εικόνων. Απορροφώνται, κατά μεγάλο ποσοστό, στο σώμα του ασθενούς και δεν φθάνουν στο σύστημα ανίχνευσης της ακτινοβολίας (φίλμ, ενισχυτής εικόνας, ανιχνευτές κ.λ.π.).



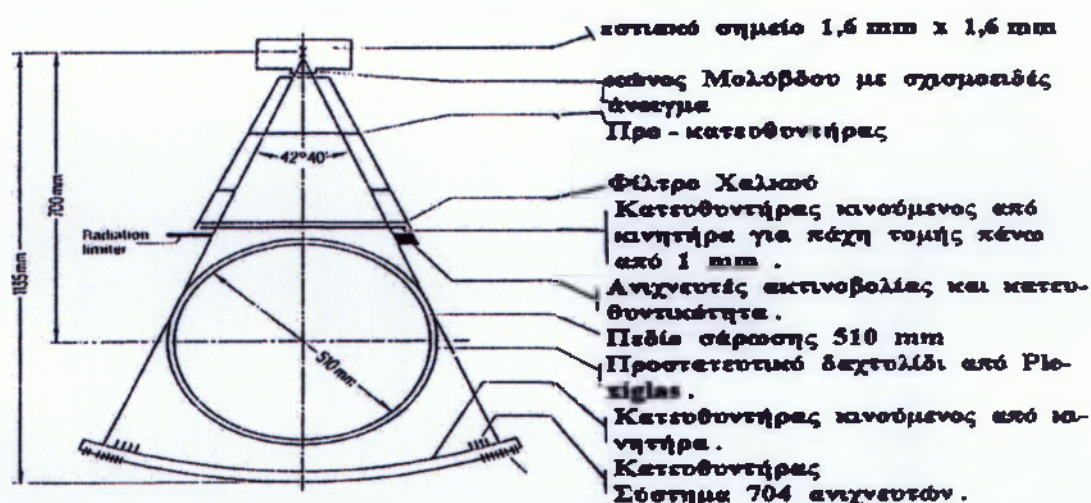
Σχήμα 4.3 : Ρυθμός ψύξης με διαδοχικές λήψεις

Δηλαδή απλώς αυξάνουν τη δόση της ακτινοβολίας στον ασθενή. Υπάρχει συνεπώς ανάγκη αφαίρεσης αυτών των φωτονίων από την δέσμη. Αυτό επιτυγχάνεται με τα φίλτρα. Τα φίλτρα είναι συνήθως πλακίδια από κατάλληλα υλικά τα οποία παρεμβάλλονται στη δέσμη και απορροφούν το τμήμα του φάσματος που αντιστοιχεί στις χαμηλές ενέργειες.

Συνήθως είναι μόνιμα τοποθετημένα μπροστά στο άνοιγμα του μεταλλικού περιβλήματος απ' όπου εξέρχεται η ακτινοβολία. Ως φίλτρα λειτουργούν επίσης το λάδι, το υάλινο κέλυφος της λυχνίας και το παράθυρο. Η πρώτη περίπτωση αναφέρεται σαν εξωτερική ή πρόσθετη διήθηση / φιλτράρισμα (added filtration) και η δεύτερη ως εσωτερική ή ενυπάρχουσα διήθηση (inherent filtration).

Τα συνηθέστερα υλικά που χρησιμοποιούνται για κατασκευή φίλτρων είναι το Αλουμίνιο (Al) και ο Χαλκός (Cu). Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται το Μολυβδένιο, το Ρόδιο, το Ιώδιο, το Δημήτριο και ο Κασσίτερος (Sn) κ.λ.π. Το Αλουμίνιο χρησιμοποιείται ως φίλτρο γενικής χρήσεως. Σε περίπτωση που χρησιμοποιούνται περισσότερα από 1 φίλτρα τότε

η σειρά τοποθέτησης των φίλτρων, από το εσωτερικό προς το εξωτερικό της λυχνίας, είναι : Sn - Cu - Al. Στις συνήθειες λυχνίες που χρησιμοποιούνται στην ακτινοδιαγνωστική τοποθετείται φίλτρο Αλουμινίου μόνο. Η μέγιστη υψηλή τάση στις λυχνίες αυτές είναι χαμηλότερη από 150 kVp. Τα φίλτρα Sn και Cu χρησιμοποιούνται κυρίως σε υψηλότερες τάσεις (και ενέργειες φωτονίων).



Σχήμα 4.4 : Διάταξη της λυχνίας ακτίνων X, των κατευθυντήρων και του συστήματος των ανιχνευτών

4.1.4 Διαφράγματα βάθους

Τα διαφράγματα βάθους ή κατευθυντήρες (collimators) είναι διατάξεις με την βοήθεια των οποίων καθορίζονται οι διαστάσεις του πεδίου (field) εκθέσεων κατά τον οποίο το σύστημα ψύχεται. Η σχέση (1) που ακολουθεί συνδέει τους διάφορους παράγοντες που προκαλούν την θέρμανση της ανόδου:

$$(1) T_f = T_A + \Delta T_T + \Delta T_F$$

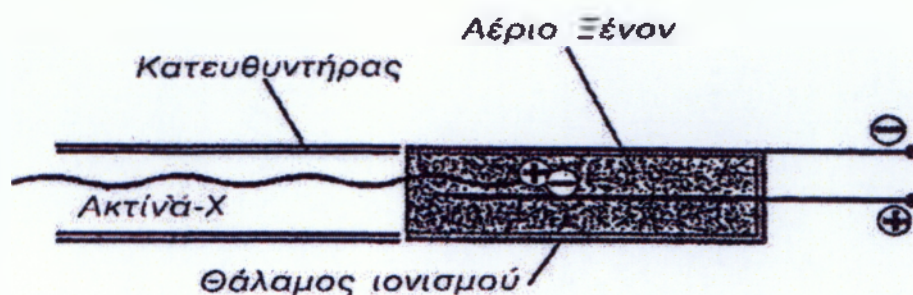
όπου T_f είναι η θερμοκρασία της επιφάνειας του στόχου στο εστιακό σημείο. T_A είναι η μέση θερμοκρασία της ανόδου που οφείλεται κυρίως στην έκθεση, ΔT_T είναι η θερμοκρασία μεταξύ των θερμοκρασιών της εστιακής περιοχής και της μέσης θερμοκρασίας ανόδου, και

ΔT_F είναι η αύξηση της θερμοκρασίας του εστιακού σημείου πάνω από την θερμοκρασία της εστιακής περιοχής.

Η κατανομή της θερμοκρασίας μέσω της ανόδου που προκαλεί τις διάφορες θερμοκρασίες είναι συνάρτηση του χρόνου. Ο προσδιορισμός της παραμέτρου θερμοκρασίας που γίνεται περιοριστικός παράγοντας, εξαρτάται κατά μεγάλο μέρος από τον χρόνο έκθεσης. Για μικρές εκθέσεις, τυπικά μικρότερες από 1 sec, η ισχύς περιορίζεται από την θερμοκρασία του εστιακού σημείου T_F , η οποία πρέπει να διατηρείται για λόγους ασφάλειας σε θερμοκρασία μικρότερη από το σημείο τήξης. Για μεγαλύτερες εκθέσεις από περίπου 1 έως 20 δευτερόλεπτα η ισχύς περιορίζεται από την θερμοκρασία της εστιακής λωρίδας T_T ώστε να αποφευχθεί η καταστροφή της ανόδου από θερμομηχανικές στρεβλώσεις που μπορεί να προκαλέσουν το ράγισμα ή την κύρτωση της ανόδου. Σε εκθέσεις διάρκειας πάνω από 20 sec, η ισχύς πρέπει να περιορίζεται έτσι ώστε η θερμοκρασία να μην υπερβαίνει ένα ασφαλές όριο. Μέχρι τα 100 sec η ισχύς πρέπει να περιορίζεται ώστε να διατηρείται η εδραιωμένη ισορροπία ηλεκτρονίων μέσω μεταφοράς της θερμότητας διαμέσου ακτινοβολίας της ανόδου, η οποία εξαρτάται από την συνολική επιτρεπτή θερμοκρασία της ανόδου T_A . Τυπικά μια θερμοκρασία ανόδου μεγαλύτερη από 1200° C είναι θεωρητικά επιτρεπτή.

4.1.5 Ανιχνευτές

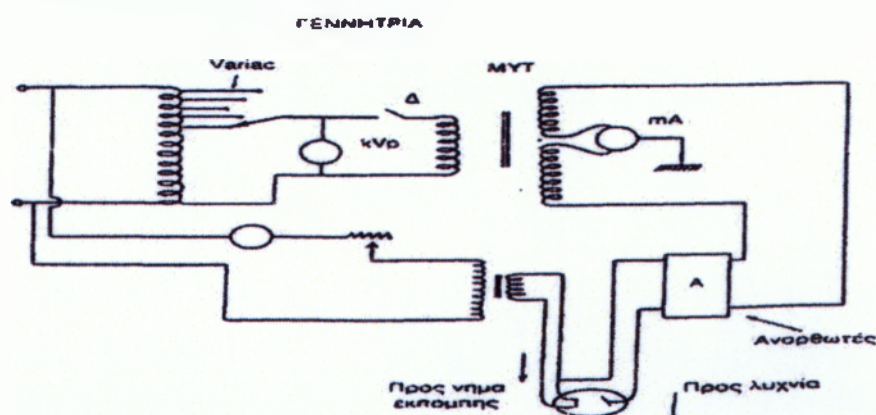
Απέναντι από τη λυχνία βρίσκονται μια σειρά ανιχνευτών. Ο αριθμός τους είναι μεγάλος. Οι σύγχρονοι τομογράφοι διαθέτουν πάνω από 500 ανιχνευτές. Οι ανιχνευτές αυτοί είναι συνήθως μικροί θάλαμοι ιονισμού γεμάτοι με αέριο ξένο (Σχήμα 4.5). Οι ακτίνες που έρχονται από την λυχνία, αφού περάσουν μέσα από το σώμα του εξεταζόμενου και ευθυγραμμιστούν από τους ανιχνευτές, εισέρχονται στους ανιχνευτές παράλληλα προς τον άξονα τους και ιονίζουν τα άτομα του αερίου παράγοντας ιόντα. Τα ιόντα αυτά συλλέγονται στην άνοδο του ανιχνευτή και δημιουργούν μια ηλεκτρική τάση που εμφανίζεται ως ηλεκτρικός παλμός στον ακροδέκτη του ενισχυτή και ονομάζεται σήμα. Τα σήματα αυτά είναι αναλογικά. Αυτό σημαίνει ότι το μέγεθος του σήματος είναι ανάλογο με τον αριθμό των φωτονίων που συλλέγονται από τον ανιχνευτή.



Σχήμα 4.5 : Η ακτίνα Χ μπαίνει στο θάλαμο και ιονίζει τα άτομα του αερίου. Τα συλλεγμένα ιόντα προκαλούν ηλεκτρικό ρεύμα στους ακροδέκτες του ανιχνευτή, που είναι ανάλογο με τον αριθμό των φωτονίων που προσπίπτουν στο θάλαμο.

4.1.6 Γεννήτρια υψηλής τάσης

Η γεννήτρια υψηλής τάσης που χρησιμοποιείται για να τροφοδοτήσει την λυχνία είναι συνήθως τριφασική, παρέχει σταθεροποιημένη και συνεχή τάση ενώ τα αντίστοιχα ρεύματα (σε παλμικά συστήματα) είναι μερικές φορές πάνω από 1000 mA. Γι' αυτό χρησιμοποιούνται τεχνικές πλέγματος ή τέτροδες λυχνίες. Το πλάτος του ρεύματος εξόδου της γεννήτριας ακτινών Χ μπορεί να φτάσει τα 100 έως 250 mA (σε μη παλμικά συστήματα).



Σχήμα 4.6 : Απλοποιημένο διάγραμμα γεννήτριας

4.1.7 Μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό

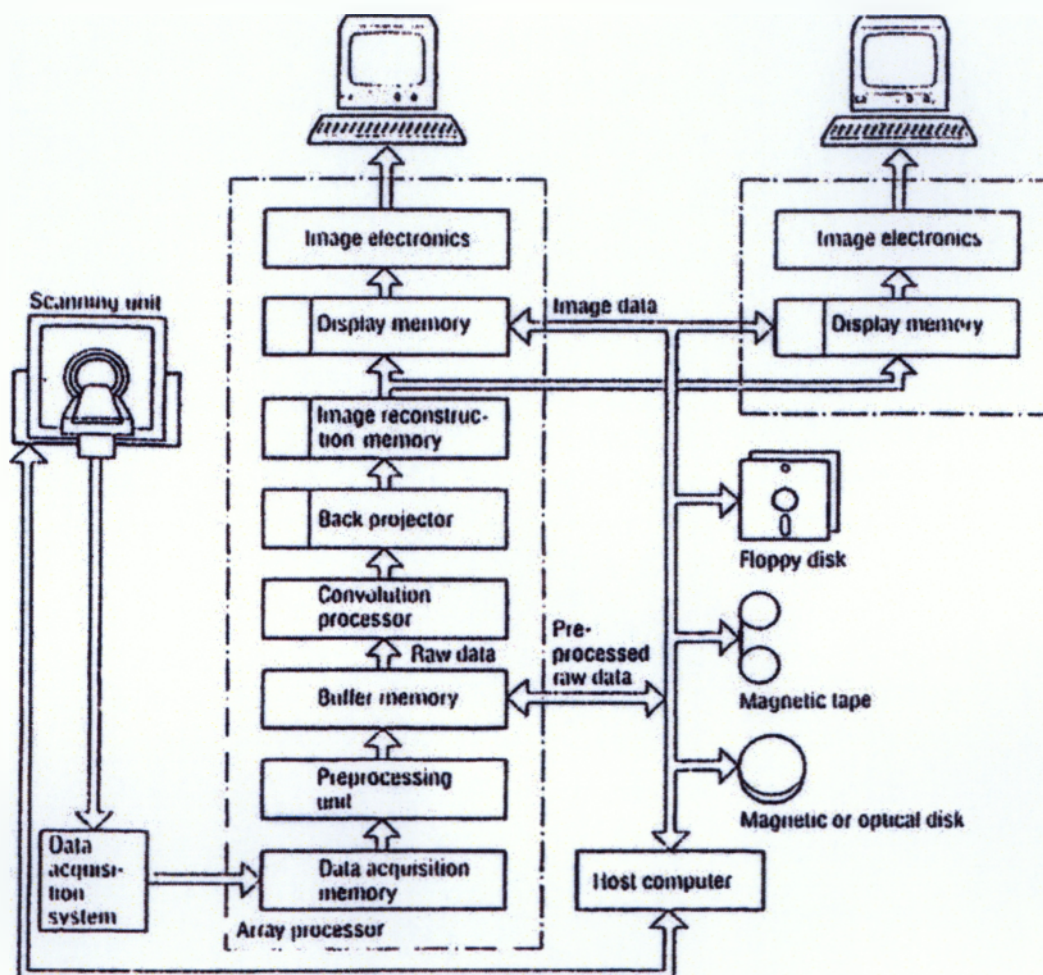
Επειδή τα σήματα που έρχονται από τους ανιχνευτές είναι, όπως ειπώθηκε, αναλογικά, προκειμένου να τα διαχειριστεί ο υπολογιστής, πρέπει πρώτα να μετατραπούν σε ψηφιακά. Τη μετατροπή αυτή την εκτελεί μία ηλεκτρονική συσκευή που ονομάζεται μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (analog to digital converter ή ADC).

4.1.8 Υπολογιστικό τμήμα

Καρδιά του υπολογιστικού συστήματος είναι η κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU) η δυναμική μνήμη (RAM). Είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ένας ή περισσότεροι επεξεργαστές πινάκων (array processors), μαγνητικοί δίσκοι (magnetic disks) και οπτικός δίσκος (optical disks), μαγνητική ταινία (magnetic tape) και άλλες συσκευές αρχειοθέτησης και αποθήκευσης. Η ανακατασκευή της εικόνας πραγματοποιείται στο υποσύστημα του επεξεργαστή πινάκων. Ο χρόνος ανακατασκευής μιας εικόνας είναι της τάξης των 5 sec για μια εικόνα (image matrix) 512 χ 512 pixels (στοιχειωδών τμημάτων εικόνας). Σύμφωνα με τον χρησιμοποιούμενο αλγόριθμο η εξεταστική τράπεζα μετακινείται ώστε να λαμβάνονται διαδοχικές τομές. Η μετατόπιση αυτή καθορίζεται από το επιλεγόμενο πάχος τομής καθώς και το διάστημα μεταξύ των τομών. Οι τομές λαμβάνονται συνήθως χωρίς την μεσολάβηση διαστήματος για την ανακατασκευή των τομών που έχουν προηγηθεί. Αυτό βελτιώνει σημαντικά τις ασάφειες από την κίνηση του ασθενούς αλλά καταπονεί την λυχνία ακτίνων Χ.

Τα αναλογικά σήματα των ανιχνευτών μετατρέπονται σε ψηφιακά και τελικά σε αριθμούς που αντιστοιχούν στις τιμές CT. Το εύρος των τιμών CT είναι από -1000 έως 3000. Οι τιμές αυτές δεν μπορούν να γίνουν αντιληπτές από το ανθρώπινο μάτι γι' αυτό και γίνεται μια συμπίεση σε μικρότερη κλίμακα των τιμών CT.

Τελευταία εξέλιξη στο χώρο της Υ.Τ. αποτελούν τα PACS (Processing Archiving and Communication System), τα οποία είναι συστήματα αρχειοθέτησης και μεταφοράς δεδομένων Υ.Τ σε μεγάλες αποστάσεις. Αυτό έχει ως σκοπό τη λήψη, αποθήκευση, ανάλυση και εξαγωγή χρήσιμων διαγνωστικά πληροφοριών σε χώρους που απέχουν από τον τόπο παραγωγής των εικόνων Υ.Τ.



Σχήμα 4.7 : Διάταξη απεικονιστικού συστήματος

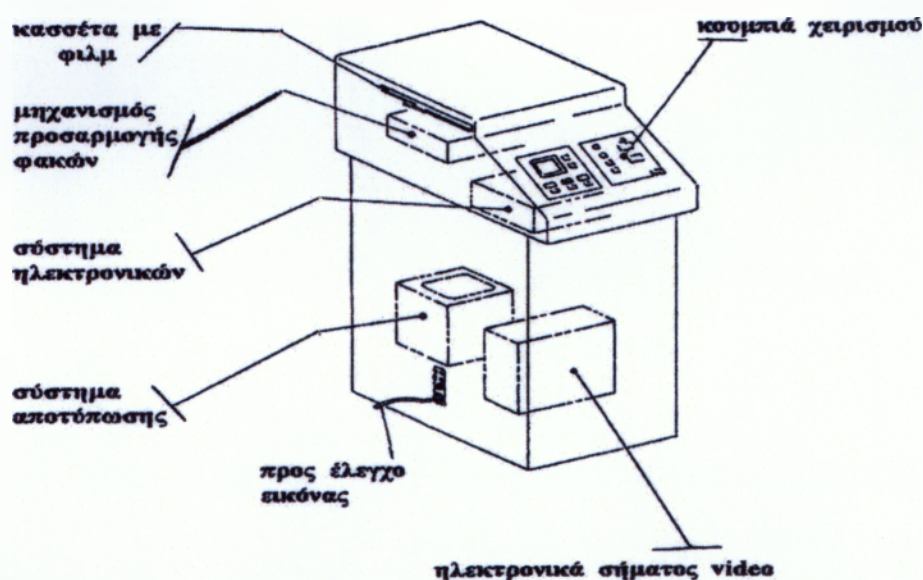
4.1.9 Κονσόλες χειρισμού – επεξεργασίας

Λειτουργίες ρουτίνας όπως είναι η επιλογή των παραμέτρων ανίχνευσης, η έκθεση, η ανάκληση εικόνας, η μετατόπιση της εξεταστικής τράπεζας και η μεταφορά δεδομένων σε δισκέτες, συνήθως εκτελούνται από την κονσόλα χειρισμού. Η κονσόλα επεξεργασίας και επιπλέον μελέτης εγκαθίσταται συνήθως σε ένα διαφορετικό χώρο. Χρησιμοποιείται για ανάκληση εικόνων που ελήφθησαν προηγούμενα και επεξεργασία αυτών με κατάλληλα παράθυρα ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή διαγνωστική ικανότητα. Επίσης

χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό τρισδιάστατης απεικόνισης (3D imaging), ή για σύνδεση με έναν συνήθη υπολογιστή.

4.1.10 Σύστημα αποτύπωσης εικόνων

Το χρησιμοποιούμενο μηχάνημα φωτογράφησης και εμφάνισης είναι συνήθως πολλαπλών εικόνων (multiformat camera). Τα σύγχρονα μηχανήματα αποτύπωσης εικόνων - Polaroid, έχουν κυκλώματα τα οποία επιτρέπουν μεταβολή της έκθεσης στην οποία υπόκεινται τα φιλμ, ώστε να ληφθεί η καλύτερη διαγνωστικά δυνατή εικόνα. Ο όρος Multiformat χρησιμοποιείται για να περιγράψει ένα σύστημα στο οποίο υπάρχει η δυνατότητα να παρουσιαστούν περισσότερες από μία εικόνες σε ένα φιλμ (σχήμα 4.8). Συχνά, χρησιμοποιείται, θετικό (Polaroid Type) φιλμ το οποίο προκύπτει από ένα αρνητικό φωτογραφικό, με διαδικασία πολλών βημάτων και επεξεργασιών.



Σχήμα 4.8 : Συγκρότηση ενός συστήματος αποτύπωσης εικόνων

4.1.11 Ανασχηματισμός Εικόνας

Όταν η δέσμη των ακτινών Χ βγει από τον πρώτο κατευθυντήρα, έχει σχήμα βεντάλιας πάχους, ας πούμε, 4 mm. Μ βεντάλια αυτή των ακτινών πέφτει πάνω στο εξεταζόμενο σώμα, σπού ορίζει μια τομή πάχους 4 mm. Θεωρούμε ότι η τομή αυτή αποτελείται από πολλά μικρά ορθογώνια παραλληλεπίπεδα, που ονομάζονται στοιχεία όγκου (v) (Σχήμα 4.9). Το βάθος όλων των στοιχείων όγκου είναι ίσο με το πάχος της τομής, δηλαδή 4 mm. Ας υποθέσουμε ότι τα στοιχεία όγκου έχουν τετραγωνική διατομή πλευράς χ . Όταν πάνω σε ένα στοιχείο όγκου πέσει μία δέσμη ακτινών Χ, τότε μέρος των φωτονίων της δέσμης απορροφάτε με αποτέλεσμα να ελαττώνεται η ένταση της δέσμης.

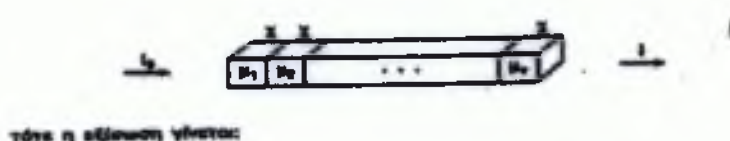
Αν είναι I_0 η αρχική ένταση της δέσμης, τότε η εξερχόμενη δέσμη θα έχει μικρότερη ένταση I , η οποία θα δίδεται από τη σχέση(2):

$$(2) I = I_0 \cdot e^{-\mu_1 x}$$

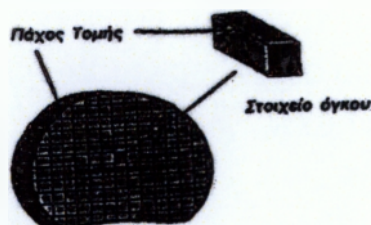
όπου μ_1 είναι ένας συντελεστής που ονομάζεται γραμμικός συντελεστής εξασθένησης (ΓΣΕ) και εξαρτάται από την πυκνότητα του υλικού. Αν υποθέσουμε ότι αντί για ένα στοιχείο όγκου έχουμε δύο στη σειρά, τότε η παραπάνω εξίσωση(3) γίνεται:

$$(3) I = I_0 e^{-\mu_1 x} * e^{-\mu_2 x} = I_0 e^{-(\mu_1 + \mu_2)x} \quad \text{ή} \quad I/I_0 = e^{-(\mu_1 + \mu_2)x}$$

Και αν αντί δύο, έχουμε πολλά στοιχεία όγκου(έστω n), το ένα δίπλα στο άλλο,



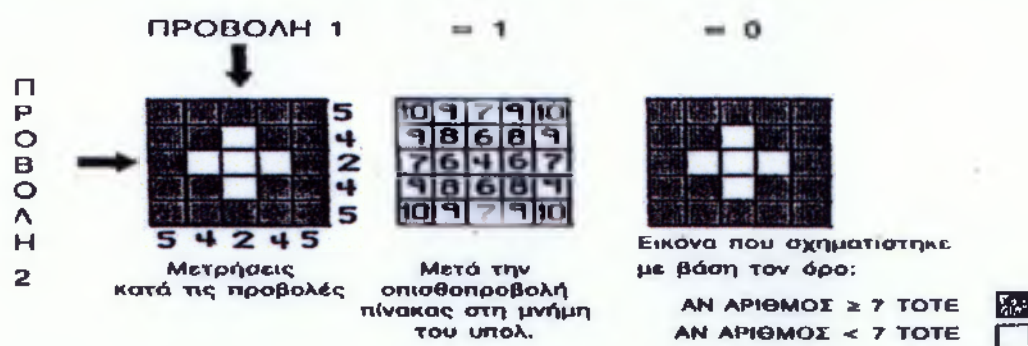
$$(4) -\ln I/I_0 = (\mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n)x$$



Σχήμα 4.9 : Κάθε τομή του σώματος χωρίζεται σε μικρά παραλληλεπίπεδα, τα στοιχεία του όγκου

Για την εφαρμογή της εξίσωσης αυτής στον Υ.Τ παρατηρούμε ότι το αριστερό της μέλος είναι γνωστό, γιατί το I και I_0 είναι μεγέθη απευθείας μετρήσιμα από τους ανιχνευτές, το δε χ το πάχος του στοιχείου όγκου είναι δεδομένο (π.χ. 1mm). Άρα για κάθε μέτρηση μιας σειράς στοιχείων όγκου παίρνουμε μία εξίσωση που δίνει την τιμή του αθροίσματος των ΓΣΕ. Το πρόβλημα της Υ.Τ είναι να προσδιορίσει κάθε έναν από τους ΓΣΕ, ώστε να σχηματιστεί μία εικόνα των πυκνοτήτων του σώματος. Αυτό το πετυχαίνει εφαρμόζοντας μαθηματικές μεθόδους. Η γενική αρχή πάνω στην οποία βασίζονται οι μέθοδοι αυτές μπορεί να διατυπωθεί ως εξής: "Η εσωτερική κατασκευή ενός σώματος μπορεί να αναπαραχθεί από πολλαπλές προβολές του σώματος".

Για παράδειγμα, ας δεχθούμε ότι σε ένα σώμα σε κάποια θέση υπάρχει μία συμπαγής μάζα σε σχήμα σταυρού (Σχήμα 4.10), πυκνότητας μεγαλύτερης (έστω $\Gamma\Sigma E = 2$) από τους παρακείμενους ιστούς (οι οποίοι έστω ότι έχουν $\Gamma\Sigma E = 1$), η οποία καταλαμβάνει έναν αριθμό στοιχείων όγκου. Για να εμφανιστεί η μάζα ας δεχτούμε ότι γίνονται δύο μετρήσεις, που ονομάζονται προβολές (projections). Η μία γίνεται όταν η λυχνία βρίσκεται σε τέτοια θέση, ώστε η δέσμη να είναι κατακόρυφη προς τα κάτω. Τότε οι ανιχνευτές καταγράφουν το άθροισμα των ΓΣΕ που αντιστοιχούν στα στοιχεία όγκου από τα οποία περνάει η δέσμη των ακτίνων Χ. Άλλη μια μέτρηση γίνεται όταν η λυχνία βρίσκεται σε τέτοια θέση, ώστε η δέσμη να είναι οριζόντια, οπότε οι ανιχνευτές καταγράφουν τα αντίστοιχα αθροίσματα.



Σχήμα 4.10 : Κατασκευή της εικόνας από τις μετρήσεις.

Μετά από τις προβολές γίνεται από τον υπολογιστή η οπισθοπροβολή (back-projection). Με αυτή δημιουργείται στη μνήμη του υπολογιστή ένας πίνακας, κάθε τετραγωνάκι του οποίου

έχει ως περιεχόμενο το άθροισμα των μετρήσεων που διασταυρώνονται στο τετραγωνάκι αυτό. Τα τετραγωνάκια αυτά λέγονται στοιχεία εικόνας (picture elements= pixel). Μετά την οπισθοπροβολή ακολουθεί ο ανασχηματισμός της εικόνας (image reconstruction). Αυτός γίνεται από τις τιμές των στοιχείων εικόνας που, όπως είπαμε, έχουν αποθηκευτεί στον πίνακα κατά την οπισθοπροβολή. Με τον ανασχηματισμό οι αριθμοί που βρίσκονται στα τετραγωνάκια αντιστοιχούνται σε αποχρώσεις της κλίμακας του γκριζου και κάθε τετραγωνάκι εμφανίζεται στην οθόνη με την ανάλογη απόχρωση της κλίμακας του γκριζου. Όταν οι τιμές στα τετραγωνάκια είναι μεγάλες, αναπαρίστανται στην οθόνη με πιο άσπρες κουκίδες, ενώ όταν είναι μικρές, με πιο μαύρες. Έτσι το αποτέλεσμα του ανασχηματισμού είναι η εικόνα της τομής. Βέβαια αυτό το παράδειγμα είναι απλούστατο. Στην πράξη, ο αριθμός των στοιχείων όγκου είναι πολύ μεγάλος, τυπικά 512×512 , και ίδιος είναι και ο αριθμός των αντιστοιχών στοιχείων εικόνας. Αντίστοιχο μεγάλος είναι και ο αριθμός προβολών. Ένας τυπικός αριθμός είναι 360 προβολές, οι οποίες λαμβάνονται ανά μία μοίρα περιστροφής της λυχνίας, μέχρις ότου συμπληρωθεί ένας πλήρης κύκλος (Σχήμα 4.11). Σ' αυτές τις προβολές αντιστοιχούν 360×512 μετρήσεις, όπου 512 είναι ο αριθμός των ανιχνευτών. Οι μετρήσεις με τη μορφή συναρτήσεων εισάγονται σε εξισώσεις, οι οποίες επιλύονται με τη βοήθεια ολοκληρωμάτων Fourier. Τους υπολογισμούς για τόσες πολλές προβολές (συλλογή στοιχείων, οπισθοπροβολή, ανασχηματισμός εικόνας) μπορούν να τους κάνουν μόνο ταχύτατοι υπολογιστές, οι οποίοι όμως έχουν γίνει διαθέσιμοι από την ανάπτυξη της σχετικής τεχνολογίας. Έτσι οι σύγχρονοι τομογράφοι χρειάζονται χρόνους της τάξης του δευτερολέπτου μόνον, προκειμένου να υπολογίσουν και να απεικονίσουν μια τομή.



Σχήμα 4.11

Περιστροφή της λυχνίας και των ανιχνευτών γύρω από τον άρρωστο. Η λυχνία αναβοσβήνει 360 φορές σε κύκλο και κάνει 360 εκθέσεις – προβολές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ & ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

5.1 Ψευδενδείξεις (artifacts)

5.2 Βλάβες

5.3 Μέτρα- Κανόνες ασφαλούς λειτουργίας

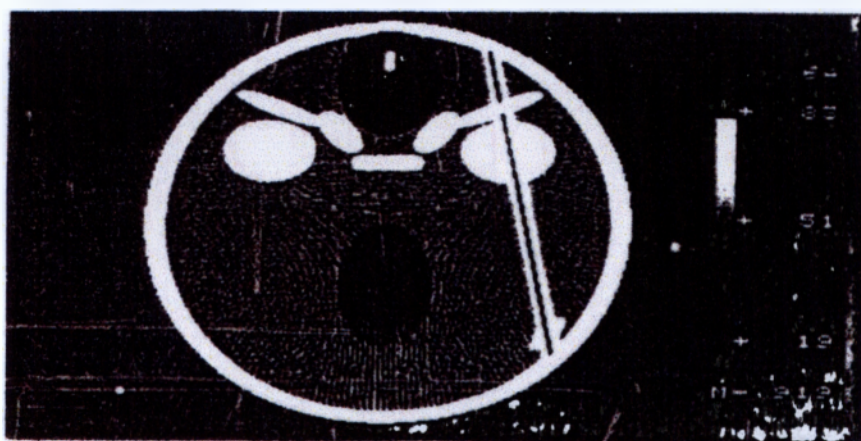
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ – ΣΚΙΑΓΡΑΦΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

5.1 Ψευδενδείξεις (artifacts)

Με τον όρο ψευδενδείξεις χαρακτηρίζονται ορισμένες μορφές (patterns) ή δομές (structures) ή αλλοιώσεις που παρουσιάζονται στην εικόνα του αξονικού και δεν αντιστοιχούν σε πραγματικές ανατομικές δομές. Οι ψευδενδείξεις είναι κυρίως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης των ακτινοβολιών με το σώμα του ασθενούς ή οφείλονται στα δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του συστήματος του αξονικού.

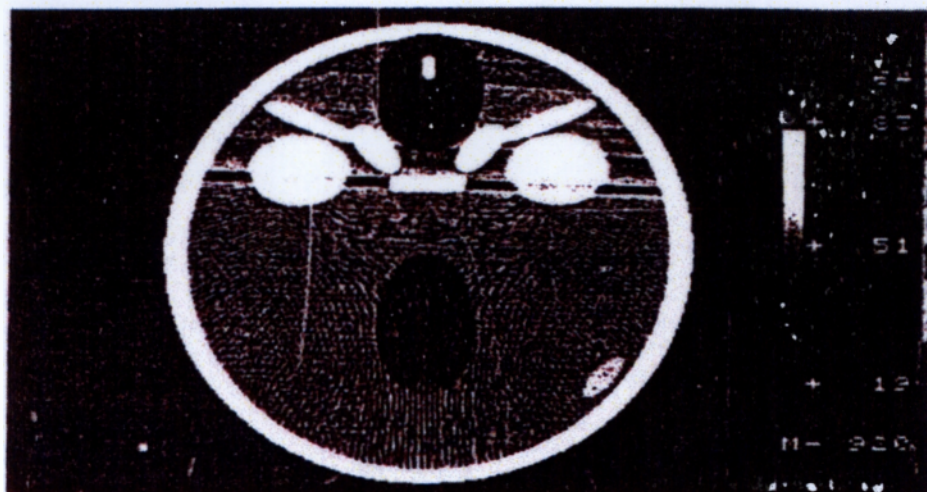
1. Έστω, ότι στην πορεία των μετρήσεων έχουν χαθεί $2 \cdot 10^5$ έως 10^6 μετρήσεις. Αυτή η απώλεια των μετρήσεων υπεισέρχεται στη διαδικασία της συνέλιξης για τη συγκεκριμένη προβολή. Τότε η οπισθοπροβολή παράγει μία δομή τριών γραμμών όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί (σχήμα 5.1).



Σχήμα 5.1: Διάταξη τριών γραμμών (άσπρη-μαύρη-άσπρη), όταν ένα σύνολο μετρήσεων έχει χαθεί

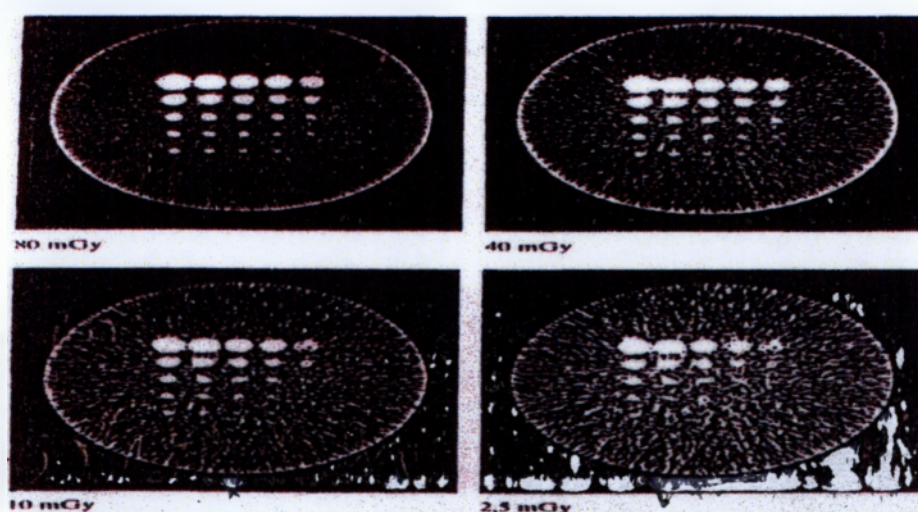
Μία ανάλογη ψευδένδειξη προκαλείται από την απώλεια μίας ολόκληρης προβολής. Σε αυτή την περίπτωση δημιουργούνται στην εικόνα μαύρες λωρίδες στα σημεία που υπάρχουν

δομές υψηλής πυκνότητας όπως φαίνεται στο σχήμα 5.2. Όπως φαίνεται από το σχήμα αυτό η παραμόρφωση είναι μικρότερη από ότι στην προηγούμενη περίπτωση.



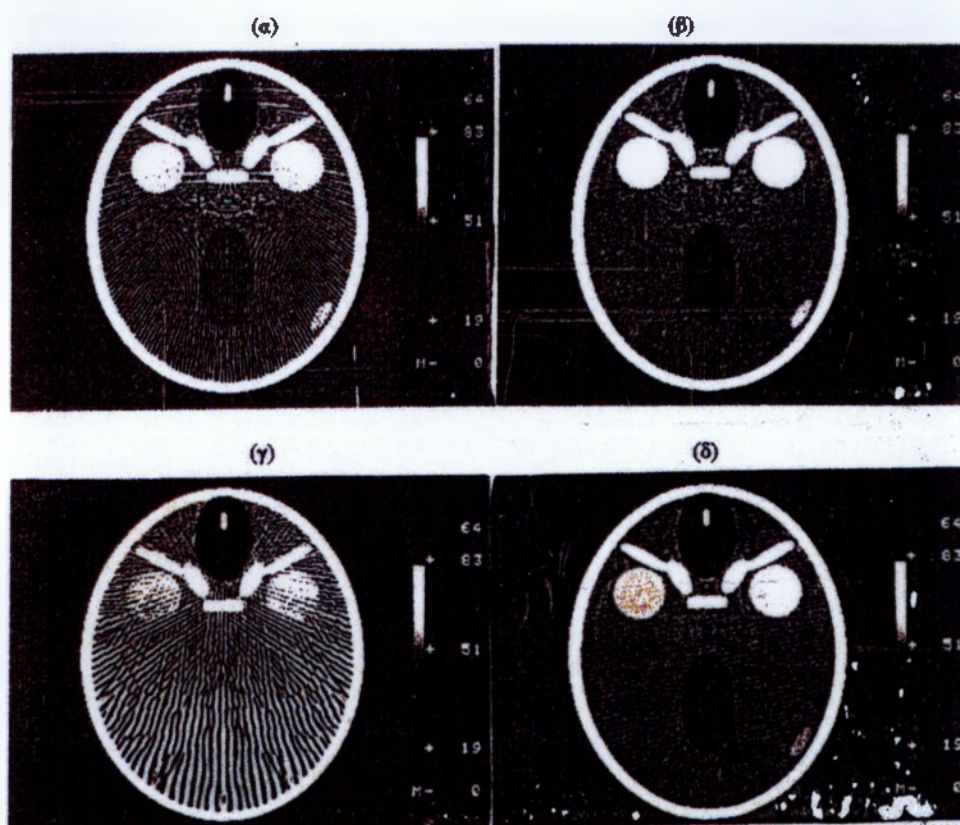
Σχήμα 5.2 : Ανατομική δομή όταν έχει χαθεί μία ολόκληρη προβολή.

2. Ψευδενδείξεις είναι δυνατόν να δημιουργηθούν λόγω αυξημένου θορύβου, μειωμένης δόσης (ο έλεγχος γίνεται με ομοίωμα που ονομάζεται "button card" και είναι ένα ομοίωμα με νερό με πύρους μεταβλητής διαμέτρου και πυκνότητας). (Σχήμα 5.3)



Σχήμα 5.3 : Ομοίωμα "Button Card" - πύροι σε πλάκα νερού. Η πυκνότητα των πύρων μειώνεται από αριστερά προς τα δεξιά.

3. Ο αριθμός των προβολών που χρησιμοποιούνται στην ανακατασκευή μιας εικόνας μπορεί να αποτελέσει αιτία ψευδενδείξεων (ραβδώσεων), όταν αυτός είναι ιδιαίτερα μικρός. Ο απαιτούμενος αριθμός των προβολών καθώς και των μετρήσεων ανά προβολή ώστε να δημιουργηθεί μία ικανοποιητική εικόνα εξαρτάται από το εύρος της δέσμης.



Σχήμα 5.4 : (α) Οι ανιχνευτές σε αντιδιαμετρική θέση σε σχέση με τη λυχνία (β) Ο κεντρικός άξονας της δέσμης έχει μετατοπιστεί κατά ένα τέταρτο σε σχέση με το κέντρο περιστροφής του συστήματος λυχνία-ανιχνευτές (γ) 180 προβολές (δ) 720 προβολές.

Ο αριθμός των προβολών (στα συστήματα στα οποία η λυχνία περιστρέφεται κατά 360°) μπορεί να διπλασιαστεί με τη λεγόμενη μετατόπιση ενός τετάρτου (quarter shift offset). Η τεχνική αυτή πραγματοποιείται με μετατόπιση του κεντρικού άξονα δέσμης, έτσι ώστε να μη διέρχεται αυτός από το κέντρο περιστροφής του συστήματος λυχνία - ανιχνευτές. Η μετατόπιση είναι ίση με $1/4$ του ανοίγματος των ανιχνευτών. Έτσι, ο πραγματικός αριθμός των δειγμάτων (μετρήσεων) διπλασιάζεται. Οι δύο άξονες της δέσμης που εκπέμπεται από δύο θέσεις της λυχνίας διαμετρικά αντίθετες (γωνία στροφής 180°) ακολουθούν διαδρομές

που δεν ταυτίζονται. Δηλαδή διέρχονται μέσω άλλων ανατομικών περιοχών και συνεπώς μεταφέρουν διαφορετικές πληροφορίες (σχήμα 5.4).

4. Η μεταβολή του περιεχομένου της δέσμης των ακτινών Χ, όταν αυτή διέρχεται μέσα από το σώμα του ασθενούς, αποτελεί την απαρχή μιας σειράς ψευδενδείξεων που είναι γνωστές ως φαινόμενο σκλήρυνσης δέσμης (beam hardening effect). Συγκεκριμένα, η ακτινοβολία διερχόμενη μέσα από το σώμα του ασθενούς, φιλτράρεται έτσι ώστε να ελαττώνεται το περιεχόμενο της σε φωτόνια χαμηλής ενέργειας. Αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι σε δύο voxel που περιέχουν τους ίδιους τύπους ιστών, αλλά βρίσκονται σε διαφορετική θέση της διαδρομής της ακτινοβολίας, να αντιστοιχούν διαφορετικοί συντελεστές εξασθένησης και κατά συνέπεια διαφορετικοί αριθμοί CT και τόνοι του γκρι. Εξαιτίας του φαινομένου σκλήρυνσης της δέσμης, δημιουργούνται ψευδενδείξεις (ραβδώσεις σχετικά μεγάλου εύρους) ιδιαίτερα όταν η ακτινοβολία έχει περάσει από κάποια ανατομική δομή υψηλού ατομικού αριθμού και πυκνότητας. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί είτε με κατάλληλο φιλτράρισμα πριν την πρόσπτωση της ακτινοβολίας στον ασθενή, είτε με εφαρμογή κατάλληλου διορθωτικού αλγορίθμου κ.α. Χαρακτηριστικό για το φαινόμενο σκλήρυνσης δέσμης είναι το σχήμα που ακολουθεί (σχήμα 5.5α).

5. Το φαινόμενο του μερικού όγκου (partial volume effect), παρουσιάζεται όταν η δέσμη ακτινών Χ περνά μέσα από δομές, με υψηλό ατομικό αριθμό και πυκνότητα, που καταλαμβάνουν ένα μέρος μόνο του όγκου που αντιστοιχεί σε ένα voxel. Δηλαδή στην περίπτωση που σε ένα voxel περιέχεται και οστό και μαλακός ιστός, ο αριθμός CT και ο αντίστοιχος τόνος του γκρι που χρωματίζει το αντίστοιχο pixel θα αποτελεί, μια ενδιάμεση τιμή CT ανάμεσα στον αριθμό CT του οστού και τον αριθμό CT του μαλακού ιστού. Αποτέλεσμα του φαινομένου του μερικού όγκου είναι η εμφάνιση ψευδενδείξεων με τη μορφή ραβδώσεων. Το φαινόμενο αυτό αντιμετωπίζεται με ελάττωση του πάχους τομής, επειδή έτσι περιορίζεται η πιθανότητα συνύπαρξης δύο διαφορετικών ιστών (σχήμα 5.5β).



Σχήμα 5.5 : (α) Φαινόμενο σκλήρυνσης (β) Φαινόμενο μερικού όγκου δέσμης

6. Ο ρυθμός με τον οποίο λαμβάνονται μετρήσεις από τους ανιχνευτές, πρέπει να έχει μία ορισμένη συχνότητα, σύμφωνα με το θεώρημα Nyqu- Πρέπει δηλαδή να είναι:

$$V_s \geq 2 V_{max}$$

$$d_s \leq \frac{1}{2} V_{max}$$

όπου v_s είναι η συχνότητα δειγματοληψίας (sampling frequency), δηλαδή ο αριθμός των μετρήσεων ανά μονάδα απόστασης, V_s η απόσταση μεταξύ δύο μετρήσεων ή διάστημα δειγματοληψίας, V_{max} η μέγιστη χωρική συχνότητα (η μικρότερη ανατομική περιοχή) που περιέχεται στην απεικονιζόμενη ανατομική δομή. Έτσι, ψευδενδείξεις δημιουργούνται στην περίπτωση ανεπαρκούς δειγματοληψίας (γεωμετρικές ψευδενδείξεις - ραβδώσεις). Δηλαδή, μεταξύ των διαδοχικών μετρήσεων μεσολαβεί μεγάλο χρονικό διάστημα. Ο ελάχιστος αριθμός των προβολών που απαιτούνται παρέχεται από τον παρακάτω τύπο:

$N = 2 \cdot \pi \cdot D \cdot v_0 / (1 - \sin(\psi/2))$ όπου: N είναι ο αριθμός των προβολών, D είναι η μέγιστη διάμετρος του ασθενούς, v_0 είναι η μέγιστη χωρική συχνότητα, ψ η γωνία εύρους της δέσμης.

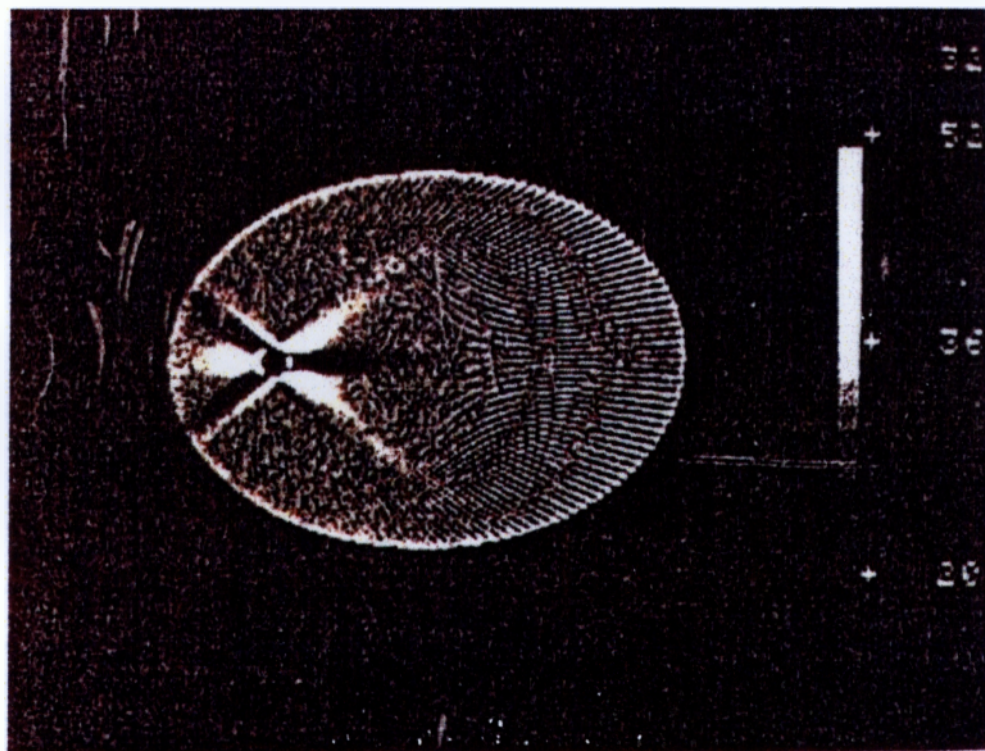
7. Πολλές φορές κατά τη διάρκεια μιας σάρωσης διάφορες κινήσεις του ασθενούς επιφέρουν ψευδενδείξεις που παρουσιάζονται με μορφή αστέρος με ραβδώσεις (star like streaks). Αυτές είναι οι ψευδενδείξεις κίνησης (motion artifacts). Αυτές μπορούν να αντιμετωπιστούν με περιορισμό του χρόνου ακτινοβολήσης ή με εκπομπή ακτινών X με μορφή παλμών, καθώς και με μερική ακινητοποίηση του ασθενούς (σχήμα 5.6).

8. Προβλήματα επίσης δημιουργούνται από μεταβολές στο σήμα εξόδου των ανιχνευτών που οφείλονται στη μεταβολή της θερμοκρασίας τους και σε άλλες αστάθειες. Οι ψευδενδείξεις αυτές (detector artifacts) έχουν μορφή δακτυλίων (ring artifacts). Αντιμετώπιση

αυτού του προβλήματος αποτελεί η χρήση συστημάτων που διατηρούν σταθερή τη θερμοκρασία (ζεύγος Peltier)κ.α.

9. Τα μεταλλικά αντικείμενα (μεγάλος ατομικός αριθμός) που μπορεί να βρίσκονται μέσα στο πεδίο της ακτινοβολίας αποτελούν πηγή ψευδενδείξεων επειδή οι ανιχνευτές που βρίσκονται πίσω από αυτά δεν ανιχνεύουν φωτόνια.

Άλλες ψευδενδείξεις προκαλούνται από σκεδαζόμενη ακτινοβολία στον ασθενή από υπερφόρτιση του συστήματος μεταφοράς δεδομένων, από αδυναμίες του αλγορίθμου ανακατασκευής, από διακυμάνσεις στην τάση που παρέχεται στη λυχνία και από μεταβολή της θερμοκρασίας των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων.



Σχήμα 5.6 : Απεικόνιση δομής που παρουσίασε κίνηση κατά τη διάρκεια της σάρωσης.

5.2 Βλάβες

Όπως χαρακτηριστικά λέγεται, ο αξονικός τομογράφος είναι “ η συμφορά του τεχνολόγου ”, διότι σπάνια παρουσιάζει βλάβες. Παράδειγμα αποτελεί ο αξονικός του Νοσοκομείου “Παιδων”, ο οποίος στα 12 χρόνια λειτουργίας του μόνο 20 μέρες συνολικά δεν έχει χρησιμοποιηθεί και μάλιστα αυτές οι μέρες μη λειτουργίας του δεν οφείλονται σε βλάβη, αλλά σε προγραμματισμένη συντήρηση και εξωγενής παράγοντες π.χ πλημμύρες.

5.3 Μέτρα – Κανόνες Ασφαλούς Λειτουργίας

Από την άποψη της ακτινοπροστασίας ενδιαφέρει αφενός η ακτινοβολία στην οποία εκτίθενται οι εργαζόμενοι. Αυτή καθορίζεται από τη μέτρηση της απορροφημένης δόσης ($D = de/dm$) δηλαδή του προσδιορισμού της επιβάρυνσης του ασθενούς με ακτινοβολία. Αυτό γίνεται με διαφόρους τρόπους όπως είναι η χρήση δοσιμέτρου θερμοφωταυγείας ή θαλαμών ιονισμού.

Οι διάφοροι εργαζόμενοι που εκτίθενται σε ακτινοβολία διακρίνονται σε δυο κατηγορίες που χαρακτηρίζονται κατηγορίες εκτιθέμενων εργαζομένων Α και Β. Στην Α εντάσσονται όσοι ενδέχεται να δεχθούν ενεργό δόση (δηλαδή το σταθμισμένο άθροισμα ισοδυνάμων δόσεων σε διάφορα όργανα και ιστούς) μεγαλύτερη από 6 mSv/έτος (sievert: η μονάδα μέτρησης της ισοδύναμης δόσης) μεγαλύτερη από τα 3/10 των ορίων δόσης για τους φακούς των οφθαλμών, το δέρμα και τα άκρα. Στην Β εντάσσονται όσοι δεν ανήκουν στην Α.

Με βάση τα μέγιστα επιτρεπτά όρια δόσης και την αντιστοιχία rem-roentgen έχουν καθοριστεί τα μέγιστα επιτρεπτά όρια έκθεσης σε διαφόρους χώρους. Οι χώροι χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες :

1. Ελεγχόμενες Περιοχές (Controlled Areas). Αυτές είναι περιοχές στις οποίες ισχύουν ειδικοί κανόνες προστασίας από ιοντίζουσες ακτινοβολίες και παρεμπόδισης της εξάπλωσης ραδιενεργού μόλυνσης. Πρέπει επίσης να καθορίζονται τα όρια αυτών των περιοχών, να τοποθετείται ειδική σήμανση, να εκδίδονται ειδικές οδηγίες εργασίας και η πρόσβαση σε αυτές να επιτρέπεται μονό σε άτομα που έχουν λάβει κατάλληλες οδηγίες. Στις περιοχές αυτές το παρευρισκόμενο προσωπικό ασχολείται επαγγελματικά με τις ιοντίζουσες ακτινοβολίες και η μέγιστη επιτρεπτή έκθεση είναι 20 mSv/έτος. Κάθε περιοχή μέσα στην οποία ενδέχεται να

γίνει υπέρβαση των 3/10 των ετησίων ορίων δόσεων που καθορίζονται για τους επαγγελματικά εκτιθέμενους πρέπει να αποτελεί ελεγχόμενη περιοχή.

2. Επιβλεπόμενες Περιοχές. Είναι περιοχές στις οποίες δεν μπορεί να γίνει υπέρβαση των 3/10 των ετησίων ορίων δόσεων που καθορίζονται για τους επαγγελματικά εκτιθέμενους και οι οποίες δεν θεωρούνται ελεγχόμενες.

3. Μη ελεγχόμενες περιοχές (Uncontrolled Areas). Πρόκειται προφανώς για όλες τις υπόλοιπες περιοχές, στις οποίες δεν υπάρχει έλεγχος ακτινοπροστασίας και, στις οποίες το προσωπικό δεν ασχολείται επαγγελματικά με τις ιοντίζουσες ακτινοβολίες. Στις περιοχές αυτές η μέγιστη επιτρεπτή έκθεση είναι 1 mSv. Για τον καθορισμό του πάχους των θωρακίσεων που απαιτούνται για την προστασία των χώρων που περιβάλλουν ένα ακτινολογικό θάλαμο, προαπαιτείται ο υπολογισμός της έκθεσης σε αυτούς.

Οι θωρακίσεις ανάλογα με τα πάχη τους διακρίνονται σε πρωτεύουσες (primary) και δευτερεύουσες (secondary). Ως πρωτεύουσες χαρακτηρίζονται οι θωρακίσεις που προορίζονται για προστασία από τη λεγόμενη πρωτεύουσα ή πρωτογενή δέσμη των ακτίνων Χ. Δευτερεύουσες είναι οι θωρακίσεις που αναφέρονται σε προστασία από τη σκεδαζόμενη ή από την ακτινοβολία διαρροής (leakage radiation), δηλαδή την ακτινοβολία που πιθανόν να διαρρέει από διάφορα σημεία της κεφαλής ενός ακτινολογικού μηχανήματος. Τα πάχη των δευτερευουσών θωρακίσεων είναι αρκετά μικρότερα από τα αντίστοιχα των πρωτευουσών. Είναι προφανές ότι όπου υπάρχει πρωτεύουσα θωράκιση καλύπτει και τη σκεδαζόμενη και διαρρέουσα ακτινοβολία. Συνεπώς δεν απαιτείται πρόσθετη δευτερεύουσα θωράκιση.

Ο ακτινολογικός θάλαμος εντός του οποίου λειτουργεί ο αξονικός πρέπει να διαθέτει κατάλληλο μηχανισμό οπτικού ή ακουστικού σήματος που θα προειδοποιεί ότι γίνεται η εξέταση και εκπέμπεται ακτινοβολία. Ο μηχανισμός αυτός πρέπει να είναι τοποθετημένος στην είσοδο του θαλάμου, έτσι ώστε αν κάποιος ανοίξει την πόρτα κατά τη διάρκεια της εξέτασης η, η όλη διαδικασία να διακοπεί.

5.4 Σκιαγραφικές Ουσίες.

Σκιαγραφικό ονομάζεται η φαρμακευτική ουσία η οποία χορηγείται στον ασθενή κατά την διάρκεια μιας απεικονιστικής εξέτασης με σκοπό να αναδειχθεί λεπτομερέστερα μια βλάβη ή ακόμη και να αποκλειστεί η ύπαρξή της. Στην Αξονική Τομογραφία χρησιμοποιούνται τα ιωδιούχα σκιαγραφικά. Τα ιωδιούχα σκιαγραφικά είναι διάφορα άλατα του ιωδίου οι εφαρμογές των οποίων είναι πολυάριθμες. Οι τρόποι χρησιμοποίησης του ποικίλουν. Έτσι μπορούν να χορηγηθούν εκ του στόματος, είτε με ενέσιμη μορφή διαμέσου της φλέβας.

Με την χορήγηση της σκιαγραφικής ουσίας μπορεί να ανιχνευθούν με αποτελεσματικότερο τρόπο παθολογικά ευρήματα που λαμβάνουν χώρα στον εγκέφαλο, στα συμπαγή όργανα της κοιλιάς ή στον πνεύμονα, στο μεσοθωράκιο, στο τράχηλο ή στο μυοσκελετικό σύστημα.. Αξίζει να αναφέρουμε την ευρεία εφαρμογή των σκιαγραφικών στην ελικοειδή Αξονική Τομογραφία (6^η γενιάς Υ.Τ.- spiral CT). Οι αντενδείξεις για τη χρήση των ιωδιούχων σκιαγραφικών είναι σχετικά λίγες. Διακρίνονται σε απόλυτες και σχετικές αντενδείξεις. Στις απόλυτες αντενδείξεις περιλαμβάνεται η κύηση, η γνωστή από προηγούμενη χρήση υπερευαισθησία του ατόμου, η πρόσφατη μεταμόσχευση νεφρού κ. α. Σχετικές αντενδείξεις αντιπροσωπεύουν η βαριά εγκεφαλική ή στεφανιακή ανεπάρκεια, η αλλεργική διάθεση κ. α.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΣ ΠΟΖΙΤΡΟΝΙΩΝ(PET/CT-POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY)

6.1 Εισαγωγή- Ορισμός

6.2 Σκοπός Χρήσης

6.3 Δυνατότητα αξιολόγησης χημειοθεραπειών

6.4 Τρόπος λειτουργίας του PET/CT

6.5 Ο ρόλος του PET/CT στην κλινική πράξη

6.6 Ο ρόλος του PET/CT στην ογκολογία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΣ ΠΟΖΙΤΡΟΝΙΩΝ (PET/CT-POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY)

6.1 Εισαγωγή-Ορισμός.

Ο τομογράφος ποζιτρονίων²(PET) είναι σπινθηρογραφικό μηχάνημα, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά και μόνο για σπινθηροτομογραφίες. Για την απεικόνιση των εξεταζόμενων οργάνων χρησιμοποιεί ακτινοβολίες γ, οι οποίες προέρχονται από την αμοιβαία αλληλεπίδραση (αλληλοεκμηδένιση) ηλεκτρονίων και ποζιτρονίων. Πρόκειται για συνδυασμό 2 μεθόδων, της Τομογραφίας Εκπομπής Ποζιτρονίων(PET) που αποτελεί τεχνολογία αιχμής της Πυρηνικής Ιατρικής και της-ήδη γνωστής- Αξονικής Τομογραφίας(C.T.) σε ένα μηχάνημα.

Το τμήμα PET/CT του Υγεία, του Ευαγγελισμού και του Ιδρύματος Ιατροβιολογικών Ερευνών της Ακαδημίας Αθηνών είναι τα μοναδικά που λειτουργούν αυτή τη στιγμή στην Ελλάδα από το 2004, που ουσιαστικά αποτελεί και το έτος εισαγωγής του PET/CT στη χώρα μας.. Το κόστος εξέτασης καλύπτεται από τα ταμεία και κυμαίνεται στη τιμή των 1500,00 έως 1600,00Ευρώ και για τα 3 μηχανήματα. Από τη συνολική αξία της εξέτασης, τα 900,00Ευρώ περίπου αφορούν τη χρήση του μηχανήματος και τα 600,00Ευρώ περίπου το κόστος του φθορίου(F-18). Σημειώνεται ότι η προμήθεια και τοποθέτηση του PET/CT κόστισε συνολικά περίπου 2,6 εκατομμύρια ευρώ και χρηματοδοτήθηκε στο μεν Υγεία και Ευαγγελισμό από το Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης, στο δε Ίδρυμα Ιατροβιολογικών Ερευνών με δωρεά του Ιδρύματος «Σταύρος Νιάρχος».

² Τα ποζιτρόνια είναι υποατομικά σωματίδια, όμοια με τα ηλεκτρόνια, αλλά με μια μοναδική διαφορά από τα τελευταία: Τα ποζιτρόνια έχουν αντίθετο από τα ηλεκτρόνια, δηλαδή θετικό, ηλεκτρικό φορτίο.

6.2 Σκοπός Χρήσης.

Σκοπός του PET είναι να εντοπίζει καρκινικούς όγκους που δεν ανιχνεύονται με άλλες απεικονιστικές εξετάσεις. Με τον PET απεικονίζεται ο μεταβολισμός και όχι η ανατομία του σώματος (όπως συμβαίνει με τον CT και τον MT). Έτσι η διάγνωση μιας βλάβης μπορεί να γίνει πρόωγα, αφού πολλές παθολογικές καταστάσεις επηρεάζουν τον μεταβολισμό προτού εκδηλωθούν ανατομικές βλάβες.

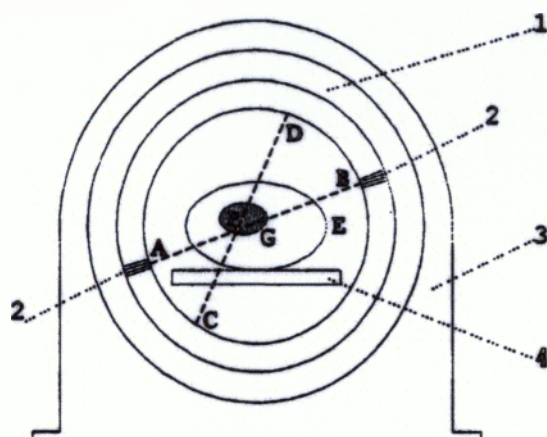
6.3 Δυνατότητα αξιολόγησης χημειοθεραπειών.

Με τον συνδυασμό Pet/CT, που πραγματοποιούνται από το ίδιο μηχάνημα, μπορεί να εντοπιστούν με μεγάλη ακρίβεια τα σημεία που παρουσιάζονται οι μεταβολικές βλάβες. Στην περίπτωση ασθενών με καρκίνο, με τον PET μπορεί από τον Α' κύκλο να αξιολογηθούν τα αποτελέσματα της χημειοθεραπείας, ώστε αν χρειαστεί να αποφασίζεται έγκαιρα η αλλαγή θεραπευτικού σχήματος.

6.4 Τρόπος λειτουργίας του PET

Όπως αφήνει να εννοηθεί και το όνομά του, ο PET μπορεί να εκμεταλλευθεί μόνο εκείνα τα φωτόνια γ , τα οποία προέρχονται από αμοιβαία αλληλοεκμηδένιση ποζιτρονίων και ηλεκτρονίων. Επομένως το ραδιοσκεύασμα που χρειάζεται να χορηγηθεί στον εξεταζόμενο πρέπει να περιέχει όχι οποιαδήποτε ασταθή ισότοπα, αλλά εκείνα, τα οποία κατά τη διάσπαση των ατομικών τους πυρήνων παράγουν ποζιτρόνια. Υπάρχουν αρκετά τέτοια ασταθή ισότοπα, αλλά σήμερα χρησιμοποιείτε στους PET σχεδόν μόνο το άτομο του φθορίου με μαζικό αριθμό 18 (F-18).

Κάθε διάσπαση ατόμου F-18 αποδίδει ένα ποζιτρόνιο. Αυτό όμως σχεδόν αμέσως προσκρούει επάνω σε ένα ηλεκτρόνιο των γύρω άλλων ατόμων και εξαφανίζεται μαζί με αυτό. Η αλληλοεκμηδένιση ενός ηλεκτρονίου και ενός ποζιτρονίου έχει σαν αποτέλεσμα την εκπομπή 2 ιδίων φωτονίων γ , τα οποία οδεύουν προς 2 ακριβώς αντίθετες κατευθύνσεις. Αυτές τις 2 αντίθετες κατευθύνσεις εκμεταλλεύεται ο PET, όπως δείχνεται στο σχήμα 6.1 που ακολουθεί.



Σχ. 6.1 Τρόπος λειτουργίας του PET

Το βασικό μέρος του PET είναι μία στεφάνη(1) η οποία περιέχει μία πλήρη ζώνη (2) ανιχνευτών φωτονίων γ , όλους στραμμένους προς το κέντρο της στεφάνης. Στο σχήμα, για λόγους ευκρίνειας, φαίνονται μόνο οι ανιχνευτές που βρίσκονται στις δύο αντιδιαμετρικές θέσεις A και B. Όλη η ζώνη 2 στο εσωτερικό της στεφάνης είναι κατευλημμένη από ανιχνευτές που βλέπουν ακριβώς προς το κέντρο της. Οι κατευθυντήρες(collimators) των ανιχνευτών αυτών επιτρέπουν την είσοδο φωτονίων γ που έρχονται μόνο από τη διεύθυνση του κέντρου της στεφάνης. Η στεφάνη δεν περιστρέφεται. Είναι ακίνητη, στερεωμένη επάνω σε ένα πλαίσιο(3). Στο εσωτερικό της στεφάνης τοποθετείται ο εξεταζόμενος, ξαπλωμένος επάνω σε μια κλίνη(4), με το σώμα του σε θέση παράλληλη προς τον άξονα της στεφάνης. Βλέπουμε μια νοητή διατομή(E) του σώματος του εξεταζόμενου και μέσα σε αυτή την διατομή(G) ενός οργάνου, στο οποίο έχει συγκεντρωθεί ραδιοσκεύασμα με φθόριο F-18. Η κλίνη μπορεί να μετακινηθεί παράλληλα προς τον άξονα της στεφάνης, δηλαδή κάθετα επί το επίπεδο του σχήματος, έτσι ώστε να μπορούμε να πάρουμε τομές καθ' όλο το μήκος του σώματος του εξεταζόμενου. Ο Η/Υ του μηχανήματος βρίσκεται στη θέση του χειριστή, σε ένα χώρο προφυλαγμένο από την διάχυτη ακτινοβολία γ (δεν εμφανίζεται στο σχήμα) και εκτός από τη συλλογή και επεξεργασία των σημάτων των ανιχνευτών, είναι και το κέντρο ελέγχου και προγραμματισμού όλων των ρυθμίσεων του μηχανήματος. Το λογισμικό του Η/Υ

λαμβάνει αυτόματα υπόψη όλους τους επισημαινόμενους σπινθήρες, υπολογίζει τις θέσεις προέλευσής τους, τις συγκεντρώνει και μέσα σε κλάσμα του δευτερολέπτου σχηματίζει στη μνήμη του H/Y μια εικόνα από πάρα πολλές θέσεις σημείων σαν το P, οι οποίες αποδίδουν μια εικόνα της διατομής του οργάνου G. Πρόκειται δηλαδή για σπινθηροτομογραφία πάλι, αλλά με διαφορετικό τρόπο από αυτήν που γίνεται στην τομογραφική ή στην universal γ – κάμερα.

6.5 Ο ρόλος του PET/CT στην κλινική πράξη.

Η PET/CT είναι σύγχρονη απεικονιστική μέθοδος και προέρχεται από τη σύντηξη δυο εξετάσεων, της PET και της CT. Με αυτό τον τρόπο συνδυάζονται σε μία και μόνη εξέταση τα πλεονεκτήματα της λειτουργίας της PET με τη λεπτομερή μορφολογική απεικόνιση της CT. Μετά την κατάλληλη προετοιμασία του ασθενούς χορηγείται ενδοφλεβίως 18F-FDG η οποία προσλαμβάνεται από τους ιστούς με αυξημένη μεταβολική δραστηριότητα οι οποίοι είναι οι νεοπλασματικοί αλλά και οι φλεγμονώδεις ιστοί. Οι μόνοι ιστοί που υπό φυσιολογικές συνθήκες προσλαμβάνουν έντονα την 18F-FDG είναι η καρδιά και ο εγκέφαλος. Μετά την παραμονή του για μία περίπου ώρα σε ήσυχο και σκοτεινό δωμάτιο χωρίς καμιά δραστηριότητα, ο ασθενής προσέρχεται στο χώρο εξέτασης όπου και υποβάλλεται διαδοχικά σε εξετάσεις στην ίδια εξεταστική κλίνη, από τον PET. Μετά την ολοκλήρωση, ακολουθεί ηλεκτρονική επεξεργασία των δεδομένων, ώστε να λάβουμε εικόνες σύντηξης, όπου συμπεριβάλλονται και αλληλοεπικαλύπτονται στην ίδια τομή η εικόνα PET και η εικόνα CT. Η διάγνωση της εξέτασης απαιτεί τη συνεργασία εξειδικευμένων ιατρών, πυρηνικού και ακτινολόγου.

6.6 Ο ρόλος της PET/CT στην Ογκολογία

Η Ογκολογία αποτελεί το σημαντικότερο τομέα εφαρμογής της PET/CT, συγκεντρώνοντας των περισσότερων κλινικών εφαρμογών της. Η χρήση της 18F-FDG, στηρίζεται στο ότι οι νεοπλασματικοί ιστοί παρουσιάζουν αυξημένη αερόβια και αναερόβια γλυκόλυση και αυξημένη σύνθεση πρωτεϊνών. Σε σύγκριση με τις καθιερωμένες τομογραφικές τεχνικές (CT-MRI) η PET/CT, παρέχει πληροφορίες όχι μόνο για τη μορφολογία, το μέγεθος και την ακριβή εντόπιση των νεοπλασματικών για τη μεταβολική δραστηριότητά τους. Έχει τη δυνατότητα να διακρίνει τους μεταβολικά ενεργούς από τους νεκρωμένους ιστούς και να

ποσοτικοποιεί τη μεταβολική τους δραστηριότητα. Στην Ογκολογία η PET/CT προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες κυρίως στα εξής: στη διάγνωση της νόσου, στη διερεύνηση νεοπλασματος αγνώστου πρωτοπαθούς εστίας, στην εκτίμηση του βαθμού κακοηθείας του νεοπλασματος, στην ανταπόκριση της θεραπευτικής αγωγής, στην επιλογή της καταλληλότερης θέσης για βιοψία, στη πρώιμη ανίχνευση υποτροπής, στην πρόγνωση του ογκολογικού ασθενούς και στον καθορισμό των ακτινοθεραπευτικών πεδίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟΙ ΥΠΕΡΗΧΟΙ(U/S-Ultra Slice)

7.1 Εισαγωγή

7.2 Ιστορική αναδρομή

7.3 Ορισμός

7.4 Σκοπός χρήσης

7.5 Χαρακτηριστικά ήχου

7.6 Ταχύτητα του ήχου

7.7 Ένταση ηχητικής δέσμης

7.8 Σχετική ένταση ήχου

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟΙ ΥΠΕΡΗΧΟΙ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7.1 Εισαγωγή

Η συνεχής εξέλιξη και πρόοδος των Υπερήχων καθώς και το ευρύτατο πεδίο εφαρμογής τους, αποτέλεσαν δύο από τους βασικούς λόγους για τους οποίους αποφασίσαμε να ασχοληθούμε με το συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο. Το αντικείμενο της μελέτης και έρευνας αυτής της εργασίας είναι ένα καθαρά Τεχνολογικής υφής θέμα, με τεράστιες διαστάσεις και άπειρες δυνατότητες εμβάθυνσης. Εμείς, προσπαθήσαμε να το προσεγγίσουμε με τρόπο κατανοητό, συνεκτιμώντας τις λεπτομέρειες και στοχεύοντας – παράλληλα – στην ουσία του. Κατά την πορεία της εξέλιξης αυτής της προσπάθειας, θελήσαμε να μην περιοριστούμε απλά και μόνο στη μελέτη και καταγραφή των Φυσικών Αρχών που διέπουν τους διαγνωστικούς Υπερήχους, αλλά να ασχοληθούμε και με το τομέα της Οργανολογίας που συναντάτε σε αυτούς.

7.2 Ιστορική Αναδρομή

Πρώτος ο Ιταλός Βιολόγος L. SPALLANZINI (1729-1799) κατέδειξε το 1794 ότι οι εντομοφάγες νυχτερίδες χρησιμοποιούν κυρίως την ακοή τους για να πετούν, να αναγνωρίζουν την λεία τους, ν' αποφεύγουν τα εμπόδια και τους κινδύνους. Το 1880 οι αδελφοί CURIE δημοσίευσαν τις πρώτες τους παρατηρήσεις για το φαινόμενο του πιεζοηλεκτρισμού (1881). Το 1883 κατασκευάστηκε η σφυρίχτρα για σκύλους του GALTON, με την οποία καλείτε το ζώο χωρίς ο ήχος να είναι ακουστός από τον άνθρωπο.

Το ναυάγιο του Τιτανικού έδειξε τον κίνδυνο από επιπλέοντα σώματα, η δε απειλή των γερμανικών υποβρυχίων για τις νηοπομπές επιτάχυνε τις έρευνες στο τομέα των Υπερήχων. Το 1916 ο Γάλλος P. LANGEVIN επινόησε συσκευή υπερήχων που επέτρεπε τη βυθομέτρηση των θαλασσών, την εξακρίβωση εμποδίων στην πορεία των πλοίων, τον εντοπισμό εχθρικών υποβρυχίων και την ανίχνευση αγελών ψαριών. Το

1917 τελειοποίησε την πρώτη γεννήτρια υπερήχων. Η εφεύρεση αυτή – γνωστή με το όνομα SONAR – έπαιξε σημαντικό ρόλο στο Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο.

Στο Μεσοπόλεμο δέσποσε ο Ρώσος S. SOKOLOV που θεωρείται ως « ο πατέρας των υπερήχων». Από το 1939 οι υπέρηχοι χρησιμοποιήθηκαν ευρέως στη θεραπευτική για τη θεραπεία αρθριτιδών και μυικών ρευματισμών. Το 1940 ο F. A. FIRESTONE ανακάλυψε τις βραχείες ώσεις ενέργειας.

Η πρώτη χρησιμοποίηση των υπερήχων στην ιατρική διάγνωση, οφείλεται στον Αυστριακό ψυχίατρο K. DUSSIK που κατόρθωσε να εντοπίσει όγκους του εγκεφάλου. Το 1942 δημοσίευσε το «υπερφωνογράφημα του εγκεφάλου». Η μέθοδος αυτή αμφισβητήθηκε και ο H. T. BALLANTINE στις Η. Π. Α. Το 1954 δημοσίευσε τις αντιρρήσεις του. Το 1956 ο LEKSELL δημοσίευσε τα πολύ καλά πολυκεντρικά αποτελέσματα της μεθόδου. Έτσι, το ηχοεγκεφαλογράφημα καθιερώθηκε παγκόσμια, βελτιωνόμενο συνεχώς. Το 1964 ο J. AMBROSE δημοσίευσε τις μετρήσεις των πλάγιων κοιλιών με αντανάκλαση υπερήχων δι' υπερήχων.

Στην Αγγλία η συνεργασία του μηχανικού T. BROWN με τον I. DONALD, καθηγητή της μαιευτικής, κατέληξε το 1957 στην κατασκευή ενός υπερηχογράφου που επέτρεπε τον – σε δύο διαστάσεις- έλεγχο της κοιλιάς και της μικρής πυέλου. Το 1958 δημοσίευσαν τα πρώτα τους αποτελέσματα. Το 1960 πέτυχαν την πρώτη αυτόματη σάρωση, ενώ το 1961 παρουσίασαν το “DIASONOGRAPH” στο Βρετανικό Ινστιτούτο Ακτινολογίας.

Το 1971 συνετελέσθη μια νέα πρόοδος στις διαγνωστικές ιατρικές εφαρμογές με την εισαγωγή της κλίμακας του γκρι από τον G. KOSSPFF. Ο H. WATANABE πραγματοποίησε από το 1967 δοκιμές απεικόνισης του προστάτη με ενδοορθικό ηχοβολέα, ο οποίος έδινε εικόνες υψηλής ευκρίνειας.

Όπως και με πολλές μεθόδους απεικόνισης, οι διαρκείς πρόοδοι των τεχνικών με υπερήχους συνδέονται με την ταχεία ανάπτυξη της ηλεκτρονικής και της πληροφορικής. Έτσι, από τη δεκαετία του '80 εμφανίσθηκε η απεικόνιση πραγματικού χρόνου (real time) που κατέστησε ορατές τις σφύξεις των αγγείων, τις συστολές της καρδιάς, τις κινήσεις του εμβρύου, κ.α. Σήμερα η υπερηχοτομογραφία με την ακινδυνότητά της αποτελεί την κυρίαρχη απεικονιστική μέθοδο στη Μαιευτική.

7.3 Ορισμός

Οι υπέρηχοι είναι ηχητικά κύματα ή αλλιώς μηχανικές ταλαντώσεις, με συχνότητα εκπομπής μεγαλύτερη από 20.0 KHz και γι' αυτό δεν γίνονται αντιληπτά από το ανθρώπινο αυτί. Ηχητικά κύματα αυτών των συχνοτήτων διαδίδονται δύσκολα στον αέρα, ενώ αντίθετα διαδίδονται πολύ εύκολα σε στερεό ή υγρό μέσο. Ως διαμήκη κύματα, η διεύθυνση ταλάντωσης και διάδοσή τους, συμπίπτουν.

7.4 Σκοπός χρήσης

Κατευθύνοντας μια δέσμη υπερήχων και απεικονίζοντας την απόκριση αυτής μετά την διέλευσή της μέσα από το ανθρώπινο σώμα, προκύπτει απεικόνιση της ανατομίας περιοχών αυτού. Η απεικόνιση αυτή παρέχει εικόνες των περιοχών ενδιαφέροντος και επιτρέπουν την άμεση εκτίμηση και διάγνωση. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ του κύματος υπερήχων και του ανθρώπινου σώματος, συνδέονται με τα χαρακτηριστικά των ιστών όπως είναι η πυκνότητα και η σκληρότητα ή ελαστικότητα αυτών. Οι παραγόμενες υπερηχογραφικές εικόνες, χαρακτηριστικό παράδειγμα των οποίων είναι η παρακάτω εικόνα, αποτελούν απεικόνιση της διασποράς αυτών των χαρακτηριστικών μέσα στα ανατομικά όργανα και τους ιστούς που βρίσκονται εντός της περιοχής ενδιαφέροντός μας, και έχουν «σαρωθεί» από την δέσμη των υπερήχων.



Εικόνα 1 : Υπερηχογραφική εικόνα εμβρύου

Όλα τα είδη των συστημάτων υπερηχογραφίας μπορούν επίσης να απεικονίσουν σε πραγματικό χρόνο κινούμενες ανατομικές δομές, η μελέτη των οποίων δίνει πληροφορίες για την φυσιολογία της κίνησης, του μεγέθους αλλά και της θέσης τους.

Οι διαγνωστικοί υπέρηχοι ανάλογα με την συχνότητα εκπομπής τους, βρίσκουν εφαρμογή σε μια πληθώρα ειδικοτήτων της ιατρικής, όπως : καρδιολογία, γενική παθολογία, οφθαλμολογία, μαιευτική/γυναικολογία, ορθοπαιδική, χειρουργική, μικρά και επιφανειακά όργανα, περιφερειακά αγγεία (PV).

7.5 Χαρακτηριστικά του ήχου

Μια ηχητική δέσμη μπορεί να θεωρηθεί συγκρίσιμη με μία δέσμη ακτίνων X, εάν λάβουμε υπ' όψιν το γεγονός ότι και οι δύο μεταβιβάζουν- μεταδίδουν ενέργεια. Μια μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ τους βρίσκεται στο γεγονός ότι οι ακτίνες X περνούν χωρίς καμία δυσκολία διαμέσου του κενού, σε αντίθεση με την ηχητική δέσμη, που η μετάδοσή της εξαρτάται άμεσα από την ύπαρξη κάποιου υλικού μέσου, ενώ και η ταχύτητα του ίδιου του ήχου εξαρτάται από την φύση του μέσου.¹

Ένα χρήσιμο μοντέλο που βοηθάει στην κατανόηση της μηχανικής αλληλεπίδρασης μεταξύ ύλης και ηχητικής δέσμης είναι αυτό που αποτελείται από μία σειρά σφαιρών, που αντιπροσωπεύουν τα μόρια (ή άτομα) της ύλης και μια σειρά ελατηρίων που παρεμβάλλονται μεταξύ των σφαιρών και αντιπροσωπεύουν τις δυνάμεις μεταξύ των μορίων (ατόμων) της ύλης.

Όταν στο πρώτο μόριο δοθεί μία ώθηση, αυτό τότε κινεί και συμπέζει το παρακείμενο ελατήριο, το οποίο με τη σειρά του ασκεί μία δύναμη στο διπλανό του μόριο.

Αυτή η διαδικασία αποτελεί στην ουσία μία «αλυσιδωτή αντίδραση»(chain reaction), που μάλιστα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως «φθίνουσα», καθώς κάθε «μόριο της ύλης» κινείται λιγότερο από το αμέσως προηγούμενο του. Η τάση ή η συμπίεση που εφαρμόζεται στο ελατήριο είναι μεγαλύτερη στη θέση μεταξύ των δύο πρώτων σφαιρών-μορίων και μικρότερη σε οποιοδήποτε άλλο ζεύγος σφαιρών. Εάν η κατεύθυνση της μηχανικής ώσης που ασκείται αντιστραφεί, το ίδιο θα συμβεί και με την κίνηση των σφαιρών.

Έτσι, εάν η ώση που ασκείται παλινδρομεί εμπρός-πίσω όπως ένα έμβολο, τότε τα σφαιρίδια του συστήματος θα ανταποκριθούν με το να εκτελέσουν και αυτά την ίδια κίνηση. Με τον ίδιο τρόπο συμπεριφέρεται και η ηχητική δέσμη.

Τα μόρια του υλικού μέσου όντως ταλαντώνονται εμπρός και πίσω, αλλά για πολύ μικρές αποστάσεις, της τάξεως των μερικών μικρών (μm) στα υγρά και ακόμα λιγότερο

στα στερεά. Σε αυτή τη σχέση αλληλεπίδρασης μεταξύ μορίων των υλικών μέσων βασίζεται η δημιουργία των διαμήκων κυμάτων στα οποία ανήκουν και τα υπερηχητικά κύματα τα οποία εξετάζουμε. Σε ένα διαμήκες κύμα τα μόρια του μέσου κινούνται εμπρός-πίσω, δημιουργώντας διαδοχικά «πυκνώματα» και «αραιώματα».

Ηχητικά κύματα με συχνότητες μεταξύ των 120 Hz ως 20KHz ανήκουν στις «ακουστές συχνότητες»(ανιχνεύσιμες από το ανθρώπινο αυτί). Ηχητικά κύματα πάνω και κάτω από τα όρια αυτά ονομάζονται «υπέρηχοι» και «υπόηχοι» αντίστοιχα. Γνωρίζουμε ότι η συχνότητα της φωνής ενός άντρα, κατά μέσο όρο, είναι περίπου 100 Hz, ενώ μιας γυναίκας γύρω στα 200 Hz.

7.6 Ταχύτητα του ήχου

Στην περιοχή των διαγνωστικών υπερήχων και θεωρώντας ως μέσο μετάδοσης των υπερηχητικών κυμάτων τους βιολογικούς ιστούς, είναι γενικά αποδεκτό ότι: η ταχύτητα μετάδοσης είναι ανεξάρτητη² της συχνότητας (ν) και του πλάτους του ηχητικού κύματος, καθώς και της ατμοσφαιρικής πίεσης. Εξαρτάται όμως πρώτιστα από την φύση του (υλικού) μέσου μετάδοσης του ήχου.

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του μέσου μετάδοσης που καθορίζουν και την ταχύτητα είναι:1) η συμπιεστότητα και 2) η πυκνότητα του υλικού.

Ο ήχος μεταδίδεται με την μικρότερη ταχύτητα στον αέρα, με μια μέση ταχύτητα στα υγρά και με τη μεγαλύτερη ταχύτητα στα στερεά υλικά. Οι βιολογικοί ιστοί δε, εκτός του οστικού (π.χ. μύες) , συμπεριφέρονται όπως τα υγρά και γι' αυτό το λόγο μεταδίδουν τον ήχο με παραπλήσιες ταχύτητες. Μία ταχύτητα μετάδοσης του ήχου της τάξεως των 1540m/sec^3 χρησιμοποιείται σαν ένας μέσος όρος ταχύτητας για τους βιολογικούς ιστούς.

¹ Όπως είναι γνωστό, οι ηλεκτρομαγνητικές ακτίνες διαδίδονται με την ταχύτητα του φωτός, ανεξαρτήτως της παρεμβολής ή όχι κάποιου μέσου.

² Πρακτικά η ταχύτητα του ήχου είναι ανεξάρτητη της συχνότητας ν εκτός του οστίτη ιστού.

³ Ισχύει για την ταχύτητα του ήχου $u=\lambda*\nu$ και η κλίμακα του λ διαμορφώνεται από 1,5mm για 1MHz ως 0,1mm για 15MHz.

1) Συμπιεστότητα

Η ταχύτητα του ήχου είναι αντιστρόφως ανάλογη της συμπιεστότητας⁴ ενός υλικού μέσου. Έτσι, όσο πιο ασυμπίεστο είναι ένα υλικό τόσο πιο γρήγορα μεταδίδει τον ήχο. Τα ηχητικά κύματα κινούνται πιο αργά στα αέρια, διότι τα μόρια των αερίων απέχουν μεταξύ τους μία αρκετά μεγάλη απόσταση και έτσι συμπίεζονται πιο εύκολα. Τα μόρια ενός αερίου συμπεριφέρονται, όταν συμπίεζονται, σαν να ενώνονται μεταξύ τους χαλαρά με ελατήρια. Τα υγρά και τα στερεά είναι λιγότερο συμπιεστά, γιατί τα μόρια τους απέχουν μικρότερες αποστάσεις μεταξύ τους και μεταδίδουν τον ήχο με μεγαλύτερη ταχύτητα απ' ό,τι τα αέρια.

2) Πυκνότητα υλικών

Τα πυκνά υλικά αποτελούνται από ογκώδη μόρια τα οποία έχουν και μεγάλη αδράνεια. Επομένως, είναι πολύ δύσκολο γι' αυτά να κινηθούν ή να σταματήσουν αν έχουν ήδη αρχίσει να κινούνται. Επειδή η μετάδοση των ηχητικών κυμάτων συνίσταται στην περιοδική έναρξη και λήξη μίας συγκεκριμένης κίνησης, δε θα ήταν αναμενόμενο για ένα υλικό αποτελούμενο από μεγάλα μόρια (μεγάλης μάζας), όπως ο υδράργυρος, να μεταδίδει τον ήχο με την ίδια ταχύτητα που τον μεταδίδει ένα υλικό με ελαφρύτερα μόρια, όπως το νερό. Σαν γενικός κανόνας αυτή η ίδια η αρχή ισχύει για όλα τα υγρά, ότι δηλαδή η πυκνότητα και η συμπιεστότητα είναι αντιστρόφως ανάλογες. Γι' αυτό και όλα τα υγρά μεταδίδουν τον ήχο με ταχύτητες παραπλήσιες μεταξύ τους.

7.7 Ένταση ηχητικής δέσμης

Όλα τα μεταδιδόμενα κύματα μεταφέρουν ένα συγκεκριμένο ποσό ενέργειας. Η πέτρα που πετιέται σε μια λίμνη δίνει ενέργεια στο νερό η οποία μεταφέρεται προς τα έξω με διαρκώς διευρυνόμενα κυκλικά κύματα της επιφάνειας του νερού. Η ενέργεια μεταφέρεται με τα κύματα σε αυτή την διατεταγμένη κίνησή τους, μέχρις ότου μετατραπεί (διασκορπισθεί) σε μία άτακτη κίνηση των μορίων του νερού.

⁴ Όπως έχει ήδη αναφερθεί ένας από τους παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα είναι και η ελαστικότητα. Η σχέση μεταξύ συμπιεστότητας και ελαστικότητας είναι: Συμπιεστότητα = $1/\text{Ελαστικότητα}$. Η σχέση ισχύει μόνο στα όρια ελαστικότητας του υλικού.

Ας θεωρήσουμε μια μικρή πηγή ήχου στον αέρα η οποία εκπέμπει προς όλες τις κατευθύνσεις. Η πηγή αυτή του ήχου παράγει μια συγκεκριμένη ισχύ η οποία μπορεί να μετρηθεί σε watt.

Μια και η ισχύς, σε μία δεδομένη απόσταση από την πηγή, διασκορπίζεται σε μια μεγάλη επιφάνεια(εκπομπή προς όλες τις κατευθύνσεις), είναι προτιμότερο να χρησιμοποιείται το μέγεθος ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας παρά το μέγεθος ισχύς από μόνο του.

Η ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας εκφράζει τη λεγόμενη (1)ένταση(I) της δέσμης

$$(1)I=\Delta W/\Delta S*\Delta t=P/\Delta S$$

7.8 Σχετική ένταση ήχου

Όταν μετράτε η ένταση του ήχου σε watts/cm², το εύρος της αριθμητικής κλίμακας που χρησιμοποιείται είναι πολύ μεγάλο. Η ένταση του ήχου στο «κατώφλι του πόνου» π.χ. είναι 10¹² ή 10¹³ φορές μεγαλύτερη από την ένταση στο «κατώφλι της ακοής». Το «εύρος» των εντάσεων του ήχου που χρησιμοποιούνται για τις συνήθεις επικοινωνίες και τη μουσική, καλύπτουν ένα λόγο έντασης από ένα 1000000 έως ένα(Watt/cm²), από τον απαλότερο ήχο έως τον πιο δυνατό. Έτσι, προκειμένου να δημιουργηθεί μία πιο εύχρηστη κλίμακα, χρησιμοποιείται ως μονάδα μέτρησης του ήχου το decibel, το οποίο είναι μία σχετική – όχι απόλυτη- μονάδα. Ορίζεται απλώς ως το 1/10 του Bell.

Η ένταση σε decibel καθορίζετε από τη σχέση(2):

$$(2)I_{(Db)}=10I\log_{10}(I/I_0)$$



Εικόνα 2 : Συστήματα υπερηχογραφίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΕΙΔΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΕΡΗΧΩΝ

8.1 Παραγωγή-ανίχνευση υπερήχων

8.2 Περιγραφή-Χαρακτηριστικά πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου

8.2.1 Δομή Πιεζοηλεκτρικού Κρυστάλλου

8.3 Θερμοκρασία Curie

8.4 Αντηχούσα συχνότητα ή ιδιοσυχνότητα

8.5 Παράγοντας Q(παράγοντας ποιότητας)

8.5.1 Χρόνος απόσβεσης(ring down time)

8.6 Χαρακτηριστικά Υπερηχητικής δέσμης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

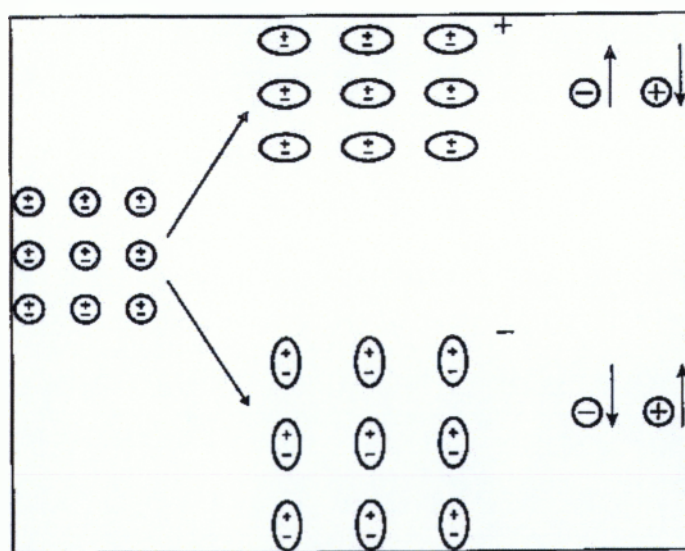
ΕΙΔΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΕΡΗΧΩΝ

8.1 Παραγωγή – Ανίχνευση υπερήχων

Προκειμένου να παραχθεί μια ηχητική δέσμη, χρησιμοποιούνται ορισμένες ειδικές διατάξεις που ονομάζονται μετατροπείς (transducers).

Αυτές οι διατάξεις έχουν την ιδιότητα να μετατρέπουν μια μορφή ενέργειας σε άλλη. Στην περίπτωση των υπερήχων, οι μετατροπείς μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική (παραγωγή υπερήχων) και τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική (κατά την λήψη των υπερήχων).

Η παραγωγή και η ανίχνευση των υπερήχων βασίζεται στο πιεζοηλεκτρικό⁵ φαινόμενο, σύμφωνα με το οποίο εμφανίζονται τα ετερόνυμα φορτία στα άκρα ενός υλικού ύστερα από συμπίεση ή εφελκυσμό (τάση για αύξηση του μήκους). Στην κατάσταση ισορροπίας τα κέντρα συμμετρίας των θετικών και αρνητικών φορτίων συμπίπτουν και έτσι δεν υπάρχει διαφορά δυναμικού στα άκρα του υλικού. (Σχήμα 8.1 Σχηματική αναπαράσταση πιεζοηλεκτρικού φαινομένου).



Σχήμα 8.1

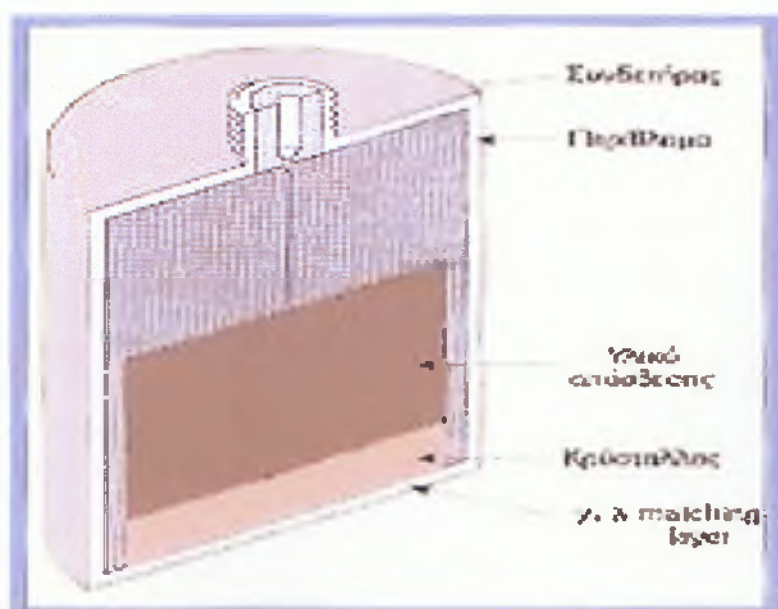
⁵ Το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο παρατηρήθηκε το 1881 από τους αδελφούς Paul και Pierre Curie.

Το φαινόμενο είναι αντιστρεπτό. Δηλαδή η εφαρμογή μιας διαφοράς δυναμικού στα άκρα ενός τέτοιου υλικού έχει σαν αποτέλεσμα τη συμπίεση ή τον εφελκυσμό. Τα υλικά που έχουν την ιδιότητα αυτή ονομάζονται πιεζοηλεκτρικά και χαρακτηρίζονται ως μεταλλάκτες, διότι μετατρέπουν-όπως προαναφέρθηκε-τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική και το αντίθετο.

Υλικά με την ιδιότητα αυτή που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υπερήχων είναι ο χαλαζίας, ο κρύσταλλος Rochele και διάφορα κεραμικά υλικά, όπως κράμα μολύβδου-ζιρκονίου-τιτανίου, στα οποία μάλιστα μπορεί να δοθεί οποιοδήποτε σχήμα.

Για την παραγωγή των υπερήχων εφαρμόζεται κατάλληλο εναλλασσόμενο δυναμικό στα άκρα του υλικού, που προκαλεί περιοδική μετακίνηση της επιφάνειας του υλικού και στη συνέχεια ταλάντωση των γειτονικών μορίων του αέρα. Έτσι παράγεται το κύμα των υπερήχων. Για την ανίχνευση των υπερήχων συμβαίνει το αντίθετο. Το υπερηχητικό κύμα πέφτει πάνω στο μεταλλάκτη, θέτει σε παλμική κίνηση την επιφάνειά του, με αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας διαφοράς δυναμικού στα άκρα του, η οποία και καταγράφεται.

Ο πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος στα συστήματα υπερηχοτομογραφίας εντοπίζεται μέσα σε διατάξεις οι οποίες καλούνται κεφαλές. Η εσωτερική δομή μιας τέτοιας κεφαλής, παρουσιάζεται στο σχήμα 8.2.



Σχήμα 8.2 Στο πρόσθιο τμήμα της διάταξης βρίσκεται ο πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος.

Η πρόσθια και η οπίσθια επιφάνεια του κρυστάλλου είναι καλυμμένες με ένα λεπτό στρώμα συνδετικού υλικού, προκειμένου να εξασφαλισθεί η καλή επαφή με τα δύο ηλεκτρόδια που θα δημιουργήσουν τη διαφορά δυναμικού για να παραμορφωθεί ο κρύσταλλος. Οι επιφάνειες του κρυστάλλου έρχονται σε επαφή με δύο χρυσά ή ασημένια ηλεκτρόδια. Το εξωτερικό ηλεκτρόδιο είναι γειωμένο προκειμένου να προστατευθεί ο εξεταζόμενος από ενδεχόμενη ηλεκτροπληξία. Για τον ίδιο λόγο, η πρόσθια επιφάνεια του ηλεκτροδίου αυτού καλύπτεται από ένα κάλυμμα υδροστεγούς ηλεκτρικού μονωτή.

Το εσωτερικό ηλεκτρόδιο συνορεύει με ένα παχύ στρώμα ελαστικού απορροφητικού υλικού (*backing material*). Το απορροφητικό αυτό υλικό χρησιμεύει για να συντομεύει τη διάρκεια δόνησης του κρυστάλλου-κατά τη φάση παραγωγής της υπερηχητικής δέσμης-και να μπορέσει έτσι ο κρύσταλλος να δεχθεί και να ανιχνεύσει άμεσα τις επιστρεφόμενες ανακλάσεις.

Επίσης, το *backing material* χρησιμεύει για την απορρόφηση των ηχητικών κυμάτων που επανακλώνται προς την κατεύθυνση του κρυστάλλου. Ένας ακουστικός μονωτής από φελό ή καουτσούκ που περιβάλλει το σύστημα «*backing block-κρύσταλλος*», εμποδίζει τον ήχο να περάσει στο εξωτερικό κέλυφος που είναι συνήθως από σκληρό πλαστικό.

8.2 Περιγραφή – Χαρακτηριστικά Πιεζοηλεκτρικού Κρυστάλλου

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το ουσιαστικό λειτουργικό- άρα και πιο σημαντικό- από τα «*συστατικά*» μιας υπερηχοτομογραφικής κεφαλής είναι ο *πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος*. Γι' αυτό το λόγο μια επισταμένη μελέτη αυτού, αναφορικά με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του καθώς και τον τρόπο κατασκευής του κρίνεται απαραίτητη.

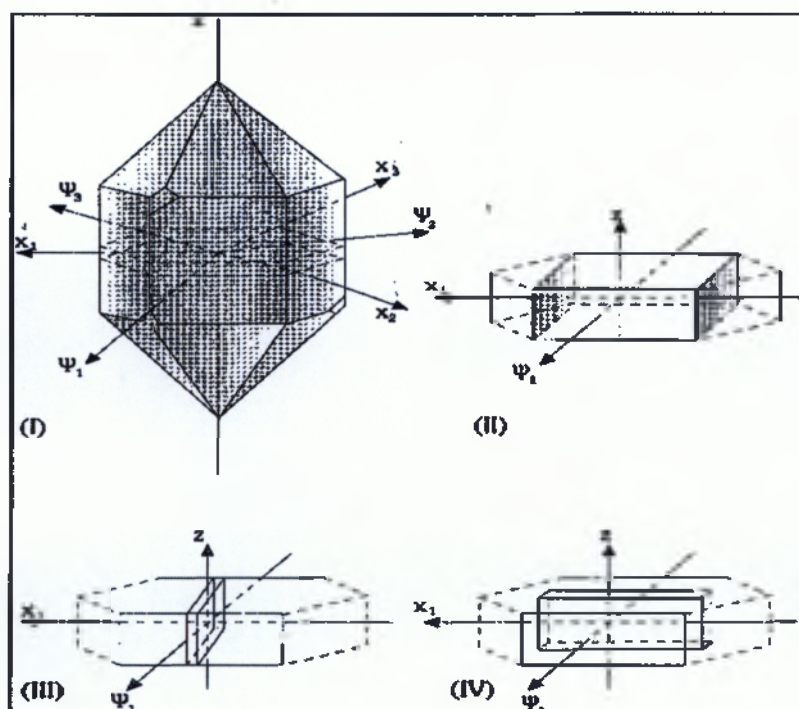
8.2.1 Δομή Πιεζοηλεκτρικού Κρυστάλλου

Ένας *πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος*, π.χ. *χαλαζίας*, έχει τη μορφή του σχήματος 8.3. Δείχνει δηλαδή να διατρέχεται από έναν αριθμό νοητών αξόνων X,Ψ,Z. Πιο συγκεκριμένα: Διαθέτει έναν κύριο άξονα Z που ονομάζεται και «*οπτικός άξονας*» και

τρεις επιμέρους άξονες συμμετρίας τους X_1, X_2, X_3 , κάθετους προς τον πρώτο, οι οποίοι σχηματίζουν μεταξύ τους γωνίες 120 μοιρών. Αυτοί ονομάζονται «ηλεκτρικοί άξονες».

Κάθετοι προς τους ηλεκτρικούς άξονες του ίδιου δείκτη είναι τρεις άξονες Ψ_1, Ψ_2, Ψ_3 , οριζόμενοι ως «μηχανικοί άξονες» του κρυστάλλου.

Ο πιεζοηλεκτρικός χαλαζίας αποτελείται από ένα παραλληλεπίπεδο πλακίδιο, που έχει κοπεί κάθετα προς τον οπτικό άξονα X και Ψ αντίστοιχα (σχήμα 8.3).



Σχήμα 8.3 Δομή πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου

Ασκώντας πίεση παράλληλα προς τη διεύθυνση του άξονα X , προκαλείται η εμφάνιση ηλεκτρικών φορτίων, ίσης έντασης και αντιθέτου σημείου, στις κάθετες επιφάνειες αυτού του άξονα (διακεκομμένη γραμμή).

Αν αντί πίεσεως ασκηθεί εφελκυσμός, αντιστρέφεται το σημείο των φορτίων. Όταν η ελαστική παραμόρφωση (πίεση ή εφελκυσμός) εφαρμοστεί κατά τη διεύθυνση του άξονα Ψ , εμφανίζονται και πάλι φορτία αντιθέτου σημείου πάλι στις κάθετες επιφάνειες ως προς τον άξονα X .

Αυτό δικαιολογεί την ονομασία «ηλεκτρικοί άξονες» που αποδίδεται στους άξονες X του κρυστάλλου.

Αν η ελαστική παραμόρφωση εφαρμόζεται κατά τη διεύθυνση του οπτικού άξονα Z, δεν εκδηλώνεται κανένα ηλεκτρικό φαινόμενο. Επί ίσης ελαστικής παραμόρφωσης, η πυκνότητα των φορτίων που αναπτύσσονται είναι διαφορετική, ανάλογα με το αν η ελαστική παραμόρφωση εφαρμόζεται κατά τη διεύθυνση του ηλεκτρικού άξονα X ή του μηχανικού άξονα Ψ. Αυτό οδηγεί στο να διακρίνουμε κρυστάλλους με «τομή X» και κρυστάλλους με διαφορετικά χαρακτηριστικά.

Τα πιεζοηλεκτρικά υλικά αποτελούνται από έναν πολύ μεγάλο αριθμό στοιχειωδών ηλεκτρικών διπόλων.

Ως ηλεκτρικό δίπολο καλούμε ένα σύνολο (+q, -q) από δύο ετερόσημα φορτία που βρίσκονται σε απόσταση d μεταξύ τους.

Με την εφαρμογή ενός ηλεκτρικού πεδίου στα άκρα του πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου, προκαλείται ο επαναπροσανατολισμός των ηλεκτρικών διπόλων με αποτέλεσμα την αλλαγή των διαστάσεων του πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου. Σημειώνεται ότι ο κρύσταλλος δεν διαρρέεται από κάποιο ηλεκτρικό ρεύμα.

Αν η διαφορά δυναμικού στα άκρα του κρυστάλλου εφαρμοστεί για μια σύντομη μόνο χρονική στιγμή(παλμός), τότε ο κρύσταλλος θ' αρχίσει να δονείται σαν τη μεμβράνη ενός τυμπάνου παράγοντας έτσι ηχητικά κύματα.

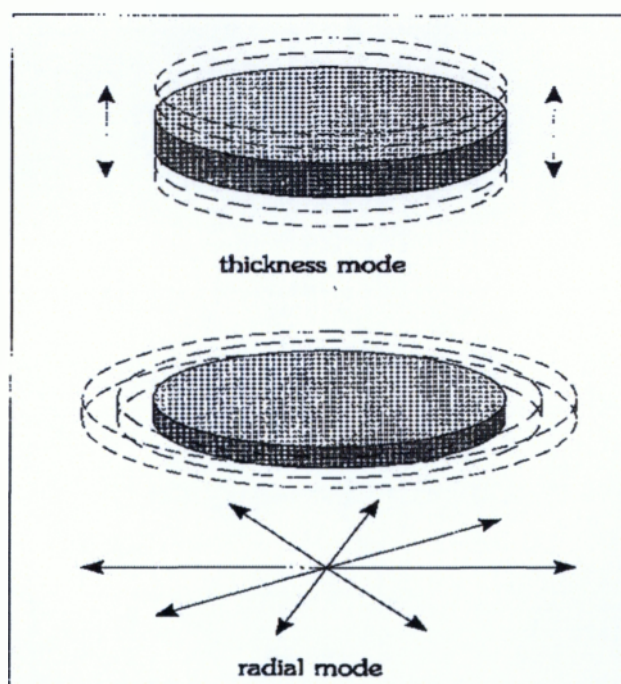
Το υλικό απορρόφησης (backing material) πίσω από τον κρύσταλλο, απομειώνει άμεσα αυτή τη δόνηση προκειμένου να προετοιμάσει το μετατροπέα για το δεύτερο λειτουργικό του ρόλο, την ανίχνευση.

Καθώς τα υπερηχητικά κύματα διέρχονται μέσα από το σώμα του εξεταζομένου, ανακλώνται από τις διάφορες ιστικές δομές-κατά ένα ποσοστό- προς την κατεύθυνση του μετατροπέα. Αυτά τα ανακλώμενα κύματα μεταφέρουν ενέργεια την οποία και εναποθέτουν στο μετατροπέα, με αποτέλεσμα να του ασκούν μια μηχανική πίεση και να τον παραμορφώνουν. Αυτή η παραμόρφωση υποχρεώνει τα στοιχειώδη ηλεκτρικά δίπολα ν' αλλάξουν πάλι τον προσανατολισμό τους, έτσι ώστε να αναπτυχθεί μια διαφορά δυναμικού στα άκρα του κρυστάλλου κι η οποία ανιχνεύεται από τα ηλεκτρόδια. Αυτή η διαφορά δυναμικού ενισχύεται κατάλληλα και μεταφράζεται ως πληροφορία θέσης, η οποία και απεικονίζεται στην οθόνη ενός παλμογράφου ή ενός H/Y.

Αυτή η συσχέτιση μεταξύ μηχανικής πίεσης και της ανάπτυξης ηλεκτρικού δυναμικού είναι υπεύθυνη για την ονομασία «πιεζοηλεκτρισμός», που σημαίνει ηλεκτρικό ρεύμα διαμέσω πίεσης.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, μερικά υλικά που συναντώνται στη φύση παρουσιάζουν το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο. Παρ' όλα αυτά, τα περισσότερα πιεζοηλεκτρικά υλικά που συναντώνται στα διαγνωστικά συστήματα υπερήχων είναι τεχνητά. Αυτά τα τεχνητά πιεζοηλεκτρικά στοιχεία είναι γνωστά και ως σιδηροηλεκτρικά (ferroelectrics) υπάρχουν σε μεγάλη ποικιλία. Το πρώτο από τα σιδηροηλεκτρικά κεραμικά που ανακαλύφθηκε ήταν το barium-Titanate, το οποίο αντικαταστάθηκε από το κράμα μολύβδου-ζirkονίου-πιτανίου, γνωστό και ως P.Z.T. Διάφοροι τύποι κρυστάλλων είναι διαθέσιμοι στο εμπόριο, των οποίων οι χημικές προσμίξεις καθώς κι η θερμική επεξεργασία τους διαφέρει, με αποτέλεσμα να διαφέρουν κι οι ιδιότητές τους.

Ένα μεγάλο πλεονέκτημα των PZT κρυστάλλων είναι το γεγονός ότι μπορούν να πάρουν διάφορες μορφές, οι οποίες εξαρτώνται από το είδος της χρήσης που προορίζεται να κάνει ο κρύσταλλος. Επίσης, οι πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι είναι δυνατό να σχεδιαστούν έτσι ώστε να δονούνται ως προς έναν άξονα που διατρέχει το πάχος τους (thickness modes) ή ως προς άξονα που διατρέχει το πλάτος τους (radial mode) (σχήμα 8.4).



.Σχήμα 8.4 Τρόποι δόνησης ενός πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου

Οι κρύσταλλοι που χρησιμοποιούνται στη διαγνωστική Ιατρική έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να δονούνται ως προς τον άξονα που διατρέχει το πάχος τους. Παρ' όλα αυτά δονούνται – ελάχιστα - και κατά τον άξονα που διατρέχει το πλάτος.

8.3 Θερμοκρασία Curie

Τα κεραμικά υλικά στην ουσία αποτελούνται από αναρίθμητα ηλεκτρικά δίπολα, όπως και τα υπόλοιπα πιεζοηλεκτρικά υλικά. Προκειμένου όμως να αποκτήσουν πιεζοηλεκτρικές ιδιότητες. Θα πρέπει να υποστούν κάποια ειδική επεξεργασία, έτσι ώστε αυτά τα ηλεκτρικά δίπολα να αποκτήσουν μια συγκεκριμένη γεωμετρική διάταξη. Για να επιτευχθεί αυτή η πόλωση -δηλαδή αυτός ο προσανατολισμός των διπλών- το κεραμικό υλικό θερμαίνεται σε υψηλή θερμοκρασία υπό την επίδραση ισχυρού ηλεκτρικού πεδίου.

Όσον αφορά δε τη θερμοκρασία Curie, είναι η συγκεκριμένη για κάθε κεραμικό υλικό θερμοκρασία, στην οποία τα ηλεκτρικά δίπολα αποκτούν ελευθερία κινήσεως μέσα στο υλικό και επομένως, έχουν τη δυνατότητα να καταργήσουν τη συγκεκριμένη διάταξη στην οποία είχαν τοποθετηθεί, κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας του υλικού. Ένα τέτοιο γεγονός, θα είχε ως αποτέλεσμα την κατάργηση των πιεζοηλεκτρικών ιδιοτήτων του κρυστάλλου.

Είναι λοιπόν προφανές ότι οι κεραμικοί μετατροπείς δεν πρέπει να αποστειρώνονται σε κλίβανο. Μερικές χαρακτηριστικές θερμοκρασίες Curie για ορισμένα υλικά δίνονται παρακάτω στον πίνακα 8.1.

Πίνακας 8.1: Θερμοκρασία Curie ορισμένων υλικών

ΥΛΙΚΟ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ CURIE
Quartz	570
Barium Titanate	100
PZT-4	328
PZT-5A	365

Πηγή: Σκλαβούνος Π.-Θανασούλας Κ. Διαγνωστικοί Υπέρηχοι

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω η θερμοκρασία Curie μπορεί να ορισθεί ως:

- A) Το όριο θερμοκρασίας στο οποίο ένας κρύσταλλος καταστρέφεται.
- B) Το κατώφλι θερμοκρασίας το οποίο ενδείκνυται για την επεξεργασία και την μετατροπή ενός κρυστάλλου από απλό κεραμικό υλικό σε πιεζοηλεκτρικό.

8.4 Αντηχούσα συχνότητα ή ιδιοσυχνότητα (Resonant Frequency)

Κάθε υλικό που ταλαντώνεται (συμμετέχει σε μία ταλάντωση), έχει τη χαρακτηριστική ιδιότητα να ταλαντώνεται στο μέγιστο δυνατό πλάτος ταλάντωσης, μόνο εάν το αίτιο που προκαλεί αυτήν την ταλάντωση δονείται σε μια συγκεκριμένη συχνότητα, η οποία ονομάζεται ιδιοσυχνότητα του υλικού ή θεμελιώδης συχνότητα του υλικού⁶.

Έτσι και τα πεζοηλεκτρικά υλικά χαρακτηρίζονται από μια ιδιοσυχνότητα (αντηχούσα συχνότητα), στην οποία ταλαντώνονται με μέγιστη απόδοση. Η τιμή της ιδιοσυχνότητας αυτής καθορίζεται από το πάχος του κρυστάλλου, όπως δείχνουν οι παρακάτω σχέση(1)⁷:

$$(1) \quad T = \lambda/2 \quad \text{ή} \quad T_{mm} = 2/v$$

Όπου T = πάχος κρυστάλλου. Δηλαδή για να επιτευχθεί μια επιθυμητή ιδιοσυχνότητα κατασκευαστικά, θα πρέπει να κοπεί ο κρύσταλλος έτσι ώστε το πάχος του να είναι το μισό του μήκος κύματος της επιθυμητής συχνότητας. Ένας κρύσταλλος με μεγάλο πάχος θα παράγει δέσμη χαμηλής συχνότητας.

Στην ουσία οι επιφάνειες ενός πεζοηλεκτρικού κρυστάλλου συμπεριφέρονται σαν δύο μεμβράνες τυμπάνου που βρίσκονται σε αντιδιαμετρική θέση. Όταν η μία μεμβράνη αρχίζει να δονείται (αφού χτυπηθεί), τότε παράγει ηχητικά κύματα τα οποία υποχρεώνουν και την άλλη μεμβράνη να ταλαντωθεί. Η ταλάντωση της δεύτερης μεμβράνης είναι μέγιστη (σε πλάτος), όταν το διάστημα που διαχωρίζει τις δύο μεμβράνες ισούται με το μισό του μήκος κύματος της ηχητικής δέσμης. Σε μία τέτοια απόσταση οι μεμβράνες συγχρονίζονται απόλυτα.

Το παραπάνω μηχανικό μοντέλο απεικονίζει πλήρως την κατάσταση που επικρατεί σε έναν πεζοηλεκτρικό κρύσταλλο. Όταν αυτός «χτυπηθεί» (διεγερθεί) από μια διαφορά δυναμικού αρχίζει να ταλαντώνεται στην ιδιοσυχνότητά του, μεταδίδοντας ηχητικά κύματα και από τις δυο επιφάνειές του με κατεύθυνση και εντός και εκτός του κρυστάλλου.

Τελικά επέρχεται κάποιος συγχρονισμός, όπου, όπως και οι δύο μεμβράνες, έτσι και ο κρύσταλλος αρχίζει να δονείται σε μια συγκεκριμένη συχνότητα, την ιδιοσυχνότητά του,

⁶ Θεμελιώδης γιατί κάθε παλμός δεν αποτελείται από μία μεμονωμένη συχνότητα αλλά από ένα φάσμα συχνοτήτων.

⁷ Από τη σχέση (1) συμπεραίνουμε ότι οι υψίσυχνες κεφαλές απαιτούν πολύ λεπτούς κρυστάλλους, πράγμα που σημαίνει ότι λόγω των κατασκευαστικών δυσκολιών ανεβαίνει το κόστος.

η οποία εξαρτάται από το πάχος του κρυστάλλου σε συνδυασμό με τη συχνότητά του ερεθίσματος που δόθηκε.

Στην ουσία η ιδιοσυχνότητα του κρυστάλλου είναι μια συχνότητα που χαρακτηρίζει τα «εσωτερικά» ηχητικά κύματα που παράγονται κατά τη δόνηση του κρυστάλλου και που έχουν μήκος κύματος διπλάσιο του πάχους του κρυστάλλου.

Η παραπάνω ιδιοσυχνότητα ή αντιχούσα συχνότητα, η οποία εξαρτάται από το πάχος του κρυστάλλου και στην οποία ο κρύσταλλος δονείται με μέγιστη απόδοση, είναι αυτή που δηλώνεται από τους κατασκευαστές ως «συχνότητα της κεφαλής» των υπερήχων και αναγράφεται πάνω σε κάθε κεφαλή υπερήχων.

Αυτή η συχνότητα καλείτε και «ονομαστική συχνότητα» (nominal frequency), μια και δεν αντιπροσωπεύει όλο το φάσμα των συχνοτήτων στις οποίες αποκρίνεται ο κρύσταλλος, αλλά μια συγκεκριμένη συχνότητα στην οποία η απόκριση του κρυστάλλου είναι μέγιστη.

8.5 Παράγοντας Q (Quality Factor – Παράγοντας Ποιότητας)

Κάθε φυσικός ή συνθετικός κρύσταλλος που παίζει ρόλο μετατροπέα υπερήχων, εκτός από τα διάφορα φυσικά χαρακτηριστικά του (πάχος, μορφή, προσμίξεις), χαρακτηρίζεται και από το λεγόμενο παράγοντα Q, που είναι ενδεικτικός της ποιότητας (quality) της παραγόμενης υπερηχητικής δέσμης, καθώς και της χρονικής διάρκειας του ηχητικού παλμού.

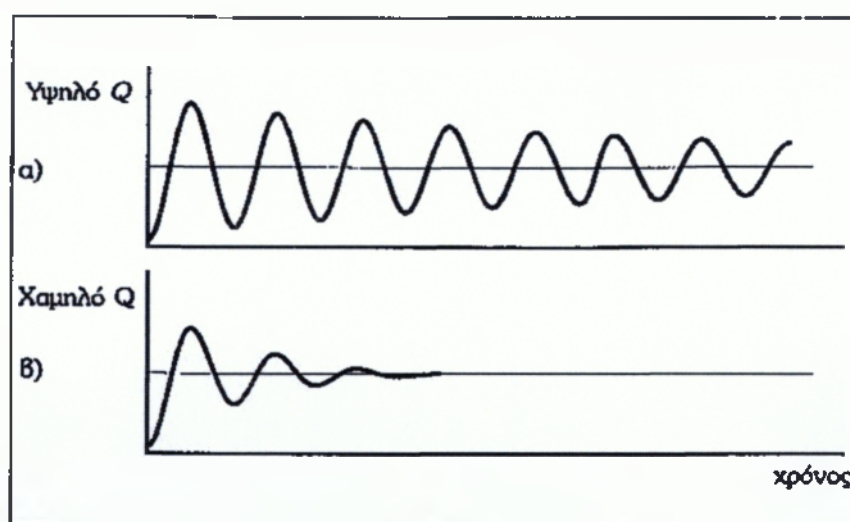
Συγκεκριμένα ο παράγοντας Q αναφέρεται τόσο στην καθαρότητα και την ομοιογένεια της δέσμης, όσο και στην ευκολία με την οποία ο κάθε κρύσταλλος πρώτα επιτυγχάνει το μέγιστο πλάτος ταλάντωσης και έπειτα την πλήρη απόσβεση αυτής.

Εάν κάποιος ηλεκτρικός παλμός εφαρμοστεί στα άκρα του πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου, τότε αυτός θα ταλαντωθεί με την ιδιοσυχνότητά του (και επομένως σε μέγιστο πλάτος ταλάντωσης). Αυτό το γεγονός βέβαια δεν σημαίνει ότι ο κρύσταλλος δεν θα ταλαντωθεί και σε συχνότητες ανάμεσα στην μηδενική και τη μέγιστη (ιδιοσυχνότητα), με διαφορετικά πλάτη ταλάντωσης αντίστοιχα, καθώς από την έναρξη του κύματος έως την πλήρη απόσβεσή του, εκτός της ιδιοσυχνότητας, μεσολαβούν και άλλες που χαρακτηρίζονται από μικρότερα πλάτη ταλάντωσης. Κατά αυτό τον τρόπο διαμορφώνεται ένα «φάσμα συχνοτήτων» (Bandwidth) σε σχέση με το πλάτος ταλάντωσης από το δονούμενο κρύσταλλο. Η μορφή αυτή του φάσματος συχνοτήτων

οφείλεται στο γεγονός ότι η απόκριση⁸ συχνοτήτων του κρυστάλλου- μετατροπέα ενέργειας είναι περίπου συμμετρική (=ταυτίζεται) ως προς την συχνότητα συντονισμού.

8.5.1 Χρόνος απόσβεσης(ring down time).

Το χρονικό διάστημα μεταξύ της έναρξης της δόνησης και της πλήρους απόσβεσης λέγεται χρόνος απόσβεσης και παριστάνεται γραφικά στο σχήμα 8.5.



Σχήμα 8.5 Γραφική παράσταση του χρόνου απόσβεσης.

A) Κρύσταλλος με υψηλό Q factor.

B) Κρύσταλλος με χαμηλό Q factor.

Ένα μεγάλης διάρκειας κύμα είναι ακατάλληλο για να χρησιμοποιηθεί στην απεικόνιση με υπερήχους. Ο μετατροπέας είναι μαζί και πομπός και δέκτης, αλλά δεν μπορεί να εκπέμπει και να λαμβάνει ταυτόχρονα.

Όταν ένας διαρκής παλμός μεταδίδεται, οι δονήσεις που δημιουργούνται στο εσωτερικό του κρυστάλλου, παράγουν κάποια συνεχώς μεταβαλλόμενα ηλεκτρικά δυναμικά ανάμεσα στα ηλεκτρόδια.

Εάν εσωτερικά (μέσα στον κρύσταλλο) τα παραγόμενα ηχητικά κύματα είναι ισχυρότερα από τα ανακλώμενα- όπως και συμβαίνει- τότε το ανακλώμενο κύμα χάνεται επικαλυπτόμενο από το θόρυβο του συστήματος.

⁸ Όταν λέμε απόκριση συχνοτήτων εννοούμε ότι το υλικό ανταποκρίνεται σταθερά σε μια συχνότητα προκειμένου να ταλαντωθεί με ορισμένο πλάτος.

Ένας ακόμη λόγος που οι διαρκείς παλμοί είναι ανεπιθύμητοι στην υπερηχοτομογραφική απεικόνιση, είναι το γεγονός ότι η αξονική διακριτική ικανότητα εξαρτάται άμεσα από το χωρικό μήκος παλμού (η αξονική διακριτική ικανότητα θα οριστεί παρακάτω).

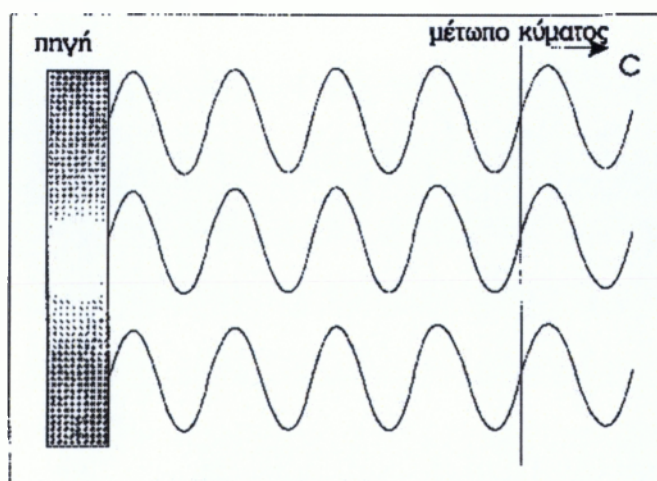
Σαν χωρικό μήκος παλμού ορίζεται κατά σύμβαση το γινόμενο του αριθμού των κύκλων επί το μήκος κύματος λ .

Το χωρικό μήκος παλμού μιας δέσμης που παράγεται από έναν κρύσταλλο με υψηλό Q(χωρίς την υποστήριξη του Backing Block) είναι μεγάλο, καθώς και η διάρκεια του παλμού είναι μεγάλη. Η ιδανική κατάσταση είναι το να συνίσταται ο ηχητικός παλμός από ένα μήκος κύματος και μόνο. Οι μετατροπείς στην υπερηχητική απεικόνιση δονούνται για χρονική διάρκεια 2 έως 3 κύκλων και με μία συχνότητα 500 έως 3000 παλμούς/sec(1000 παλμοί/sec είναι το σύνηθες).

8.6 Χαρακτηριστικά Υπερηχητικής Δέσμης

1) Μέτωπο κύματος (wave front)

Μια πηγή υπερήχων εκπέμπει από όλα τα σημεία της ενεργής της επιφάνειας και έτσι τα υπερηχητικά κύματα είναι παρόντα σε όλη την έκταση του μήκους μπροστά από την πηγή. Η επιφάνεια που αποτελείται από τα ομοειδή (συναφή) σημεία πάνω στον ίδιο κύκλο (Σχ. 8.6) είναι γνωστή ως μέτωπο κύματος (πρόκειται ουσιαστικά για μια ισοφασική επιφάνεια).



Σχήμα 8.6 Μέτωπο κύματος

Η διεύθυνση διάδοσης του υπερηχητικού κύματος είναι κάθετη στο μέτωπο κύματος, το οποίο μετακινείται προς τα εμπρός με την ταχύτητα διάδοσης του υπερηχητικού κύματος για το συγκεκριμένο μέσο (ιστό).

2) Μορφή υπερηχητικής δέσμης

Ένα απλό ταλαντούμενο σημείο εκπέμπει κύματα προς όλες τις κατευθύνσεις, σαν αυτά που παράγονται από ένα χαλίκι που έχει πεταχτεί σε μια ήρεμη λίμνη. Τα κύματα κινούνται μακριά από το σημείο εκπομπής τους υπό τη μορφή ομόκεντρων κύκλων.

Αν δύο χαλίκια πέσουν ταυτόχρονα και δίπλα-δίπλα, καθένα από αυτά προκαλεί δακτυλιοειδή κύματα κι είναι δυνατό αυτά τα κύματα είτε να ενισχύονται είτε να αποσβένονται μεταξύ τους, πράγμα που εξαρτάται από τη φάση στην οποία συναντώνται.

Οι πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι συμπεριφέρονται σαν μια σειρά από ταλαντούμενα σημεία.

Η απόσταση για καθένα από τα κύματα τα οποία συγχρονίζονται μεταξύ τους, εξαρτάται από το μήκος κύματος του καθενός.

Όσο μικρότερο είναι το μήκος κύματος, τόσο πιο κοντά στον κρύσταλλο σχηματίζει το μέτωπο. Η ένταση του υπέρηχου ποικίλει ανάλογα με το μήκος της δέσμης. Κατά την έννοια αυτή η δέσμη λειτουργεί παράλληλα για μια συγκεκριμένη απόσταση (εγγύς ζώνη ή ζώνη Fresnel) ενώ πέρα από την οποία αποκλίνει ή διασκορπίζεται (άπω ζώνη ή ζώνη Fraunhofer σχήμα 8.7).

Οι υψίσυχνες δέσμες έχουν δύο πλεονεκτήματα συγκριτικά με τις χαμηλής συχνότητας δέσμες :η διακριτική ικανότητα βάθους είναι καλύτερη και η ζώνη Fresnel έχει μεγαλύτερο μήκος.

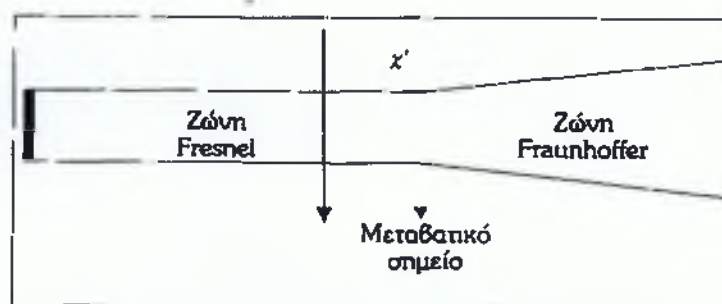
Θα φαινόταν λογικό να χρησιμοποιούνταν υψηλές συχνότητες σε όλες τις απεικονίσεις. Παραταύτα, οι υψηλές συχνότητες έχουν ένα σημαντικό μειονέκτημα σχετικά με τη διαπερατότητα : η απορροφητικότητα των ιστών αυξάνει με την αύξηση της συχνότητας. Έτσι, απαιτείται μια σχετικά χαμηλής συχνότητας δέσμη για να προσπελάσει παχύτερα στρώματα ιστού.

3) Πλευρικοί λοβοί (side lobes)

Πρόκειται για τις ποσότητες ηχητικής ενέργειας που κατευθύνονται προς πλάγιες διευθύνσεις, διαφορετικές από αυτήν του κεντρικού άξονα της δέσμης.

4) Λοβοί τύπου φράκτη (grating lobes)

Οι λοβοί αυτοί είναι αποτέλεσμα φαινομένων περίθλασης που προκαλούνται μεταξύ των κυμάτων που εκπέμπονται από διαφορετικούς μεταλλάκτες. Τόσο οι πλευρικοί όσο και οι λοβοί τύπου φράκτη συνιστούν τη λεγόμενη «απόκριση εκτός άξονα» (off axis response) ενός μεταλλάκτη.



Σχήμα 8.7 Μορφή της υπερηχητικής δέσμης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ - ΥΛΗΣ

9.1 Ανάκλαση

9.2 Διάθλαση

9.3 Απορρόφηση

9.4 Σκέδαση

9.5 Συμβολή

9.6 Περίθλαση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ – ΥΛΗΣ

Οι τύποι των αλληλεπιδράσεων μεταξύ ήχου και ύλης είναι παρόμοια με αυτούς του φωτός και περιλαμβάνουν: την ανάκλαση, τη διάθλαση, την απορρόφηση, τη σκέδαση, τη συμβολή και την περίθλαση.

9.1 Ανάκλαση (Reflection)

Η γωνία του προσπίπτοντος κύματος με την διαχωριστική επιφάνεια είναι 90 μοίρες και έχει σαν αποτέλεσμα μέρος της δέσμης να επιστρέφει προς την πηγή και μέρος της δέσμης να διέρχεται του δεύτερου μέσου. Η εφαρμογή της κατακόρυφης ανάκλασης είναι αυτή που διαμορφώνει την διαγνωστική απεικόνιση (σχήμα 9.1)



Σχήμα 9.1 Το φαινόμενο της κατακόρυφης ανάκλασης

Το ποσοστό της δέσμης που ανακλάται στις επιφάνειες των ιστών εξαρτάται:

- 1) από την ακουστική εμπίδηση Z των ιστών και
- 2) από τη γωνία πρόσπτωσης της δέσμης.

- 1) Ακουστική εμπίδηση (Acoustic Impedance)

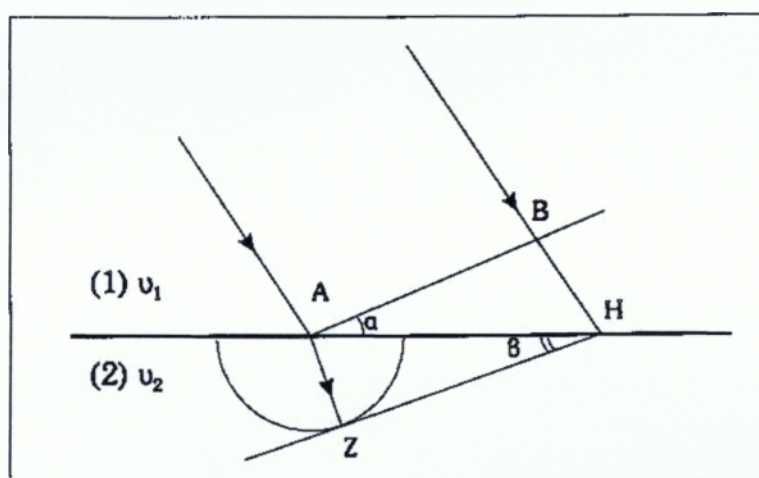
Η ακουστική εμπέδηση είναι μια θεμελιώδης ιδιότητα της ύλης. Η εμπέδηση ενός υλικού είναι ίση με το γινόμενο της πυκνότητάς του επί την ταχύτητα του ήχου στο συγκεκριμένο υλικό.

2) Γωνία πρόσπτωσης(angle of incidence)

Το ποσό της ανάκλασης καθορίζεται από την γωνία πρόσπτωσης της ηχητικής δέσμης πάνω στην ανακλαστική επιφάνεια. Όσο μεγαλύτερη είναι η γωνία πρόσπτωσης τόσο μικρότερο είναι το ποσοστό του ανακλώμενου ήχου. Όπως συμβαίνει και με το ορατό φως, οι γωνίες πρόσπτωσης και ανάκλασης είναι ίσες μεταξύ τους.

9.2 Διάθλαση (Refraction)

Σε περίπτωση που το ηχητικό κύμα προσπέσει σε μία διεπιφάνεια που χωρίζει δύο μέσα με διαφορετικά χαρακτηριστικά, δημιουργούνται δύο ηχητικά κύματα: ένα ανακλώμενο και ένα το οποίο θα περάσει μέσα στο δεύτερο μέσο(Σχήμα 9.2).



Σχήμα 9.2 Το φαινόμενο της διάθλασης

Η διάθλαση μπορεί να προκαλέσει ψευδενδείξεις (artifacts). Οι ψευδενδείξεις που οφείλονται στη διάθλαση προκαλούν χωρική παραμόρφωση(spatial distortion), δηλαδή πραγματικές δομές να απεικονίζονται σε λάθος θέση, ενώ προκαλούν και απώλειες (=

μείωση) στην διακριτική ικανότητα. Στη διάθλαση στηρίζεται η κατασκευή υπερηχητικών φακών εστίασης των υπερήχων.

9.3 Απορρόφηση (Absortion)

Ο όρος απορρόφηση αναφέρεται στη μετατροπή της υπερηχητικής ενέργειας σε θερμική. Οι μηχανισμοί που σχετίζονται με την απορρόφηση είναι πολύπλοκοι. Τρεις είναι οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν το ποσό της απορρόφησης:

A) Η συχνότητα του ήχου. Η συχνότητα του ήχου επηρεάζει το ποσοστό της απορρόφησης που οφείλεται στο ιξώδες του υλικού. Όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα (όσο πιο πολλές φορές κινείται ένα μόριο μπρος-πίσω σε συγκεκριμένο χρόνο), τόσο περισσότερο αυτή η κίνηση επηρεάζεται από το ιξώδες του υλικού. Η συχνότητα επίσης επηρεάζει και το ποσοστό της απορρόφησης που οφείλεται στο χρόνο χαλάρωσης.

B) Το ιξώδες του μέσου διάδοσης. Το ιξώδες εκφράζει τη δυσκολία ροής ενός υγρού.

Γ) Ο «χρόνος χαλάρωσης» του μέσου. Ο χρόνος χαλάρωσης είναι ο χρόνος που απαιτείται για να επιστρέψει ένα μόριο που έχει μετατοπιστεί από την αρχική του θέση στη θέση αυτή. Αναφέρεται στην ελαστικότητα ενός υλικού. Δύο ουσίες με το ίδιο ιξώδες μπορεί να έχουν διαφορετικούς χρόνους χαλάρωσης. Ο χρόνος χαλάρωσης είναι συγκεκριμένος και σταθερός για ένα καθορισμένο υλικό.

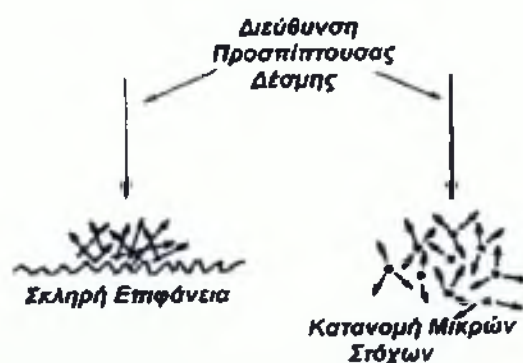
Εξασθένιση: Αναφέρεται στη συνολική απώλεια (διάδοσης) της ενέργειας, συμπεριλαμβάνοντας την απορρόφηση, τη σκέδαση και την ανάκλαση. Η εξασθένιση των υπερήχων, επίσης ποικίλει ανάλογα με τη θερμοκρασία των ιστών, αλλά η σχέση διαφέρει για διαφορετικούς ιστούς. Προκειμένου να υπολογιστεί το ποσοστό της εξασθένησης της ηχητικής δέσμης χρησιμοποιείται συνήθως ένας συντελεστής α , ο οποίος καλείται συντελεστής εξασθένησης. Η μονάδα του συντελεστή εξασθένησης είναι dB/cm για ορισμένη συχνότητα και ορισμένο ελαστικό μέσο.

9.4 Σκέδαση (Scattering)

Θεωρητικά η σκέδαση είναι ένα φαινόμενο που συμβαίνει όταν τα ηχητικά κύματα προσπίπτουν σε δομές μικρών διαστάσεων. Αναφορικά με τους βιολογικούς ιστούς, ως σωματίδια «μικρών διαστάσεων» θεωρούνται οι μικρές «ανομοιογένειες» που παρατηρούνται στο παρέγχυμα διαφόρων οργάνων. Στη σκέδαση τα προσπίπτοντα

ηχητικά κύματα αλλάζουν προσανατολισμό ακολουθώντας τυχαίες διευθύνσεις. Στη πράξη ένα πλήθος ηχητικών κυμάτων (δέσμη) σκεδάζεται προς όλες τις διευθύνσεις.

Ένα μικρό ποσοστό αυτών των κυμάτων σκεδάζεται προς τα πίσω (οπισθοσκέδαση) στην πηγή της ηχητικής εκπομπής. Μια ενδιαφέρουσα μορφή σκέδασης είναι η σκέδαση Rayleigh και συμβαίνει όταν τα «σωματίδια» έχουν διαστάσεις πολύ μικρότερες από το μήκος κύματος λ των κυμάτων. Άλλες μορφές σκέδασης είναι η λεγόμενη διάχυτη σκέδαση που συμβαίνει κατά την πρόσπτωση σε ανώμαλη επιφάνεια και η σκέδαση σε «ενδιάμεσα σωματίδια».



Σχήμα 9.3 Το φαινόμενο της σκέδασης σε δύο περιπτώσεις

9.5 Συμβολή (Interference)

Η συμβολή είναι ένα κυματικό φαινόμενο που συμβαίνει όταν διαφορετικά κύματα συναντώνται στο χώρο. Πρόκειται ουσιαστικά για ένα μηχανισμό άθροισης κυμάτων. Η συμβολή έχει ως αποτέλεσμα την ενίσχυση ή την εξασθένιση, καθώς και το μηδενισμό των ταλαντώσεων των «υλικών σημείων» απ' όπου διέρχονται τα κύματα. Η ενίσχυση ή η εξασθένιση εξαρτώνται από το μήκος της διαδρομής του κάθε κύματος τη στιγμή της συνάντησης.

Αν η διαφορά $d_1 - d_2 = k\lambda$ (όπου d_1, d_2 η απόσταση των ταλαντούμενων σημείων από το σημείο συμβολής, λ το μήκος κύματος και k ακέραιος αριθμός), τότε το σημείο ταλάντωσης ταλαντώνεται με το μέγιστο πλάτος ταλάντωσης (ενισχυτική συμβολή).

Αν $d_1 - d_2 = (2k+1)\lambda$, τότε το σημείο ταλάντωσης ταλαντώνεται με το ελάχιστο (θεωρητικά μηδενικό, αν οι πηγές εκπομπής είναι σύμφωνες) πλάτος ταλάντωσης (αποσβήνουσα συμβολή).

9.6 Περίθλαση

Σύμφωνα με το νόμο της περίθλασης ισχύει:

- 1) Όταν τα κύματα πέφτουν πάνω σ' ένα εμπόδιο (σχισμή) που οι διαστάσεις του είναι πολύ μεγαλύτερες από το μήκος κύματος των κυμάτων, τότε πίσω από το εμπόδιο (σχισμή) τα κύματα διαδίδονται ευθύγραμμα και έχει απλά περιοριστεί ένα μέρος του κύματος.
- 2) Αντίθετα, όταν οι διαστάσεις του εμποδίου (σχισμής) είναι της τάξεως του μήκος κύματος, τότε συμβαίνει περίθλαση των κυμάτων και πίσω από το εμπόδιο (σχισμή) παρατηρούνται αποκλίσεις από την ευθύγραμμη διάδοση των κυμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ

10.1 Γενικά

10.2 Αξονική Διακριτική ικανότητα

10.3 Πλευρική Διακριτική ικανότητα

10.4 Διακριτική ικανότητα όγκου

10.5 Διακριτική ικανότητα αντίθεσης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ

10.1 Γενικά

Όταν εσωτερικές δομές έχουν ανιχνευθεί από μια υπερηχητική δέσμη που παράγει μια εικόνα δύο διαστάσεων, η ποιότητα της εικόνας θα συσχετίζεται άμεσα με τη χωρική διακριτική ικανότητα (spatial resolution) του συστήματος.

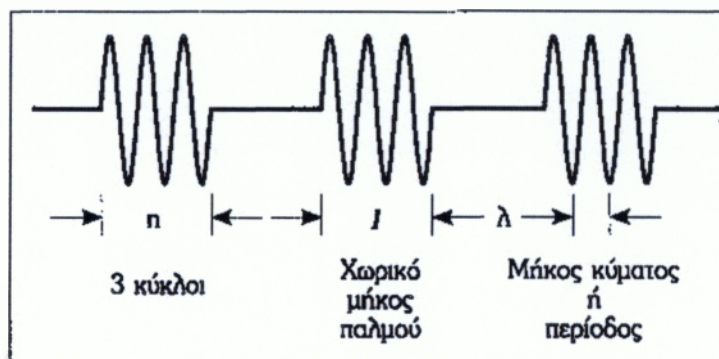
Η Χωρική Διακριτική Ικανότητα (Χ.Δ.Ι.) στους διαγνωστικούς υπερήχους εκφράζει τη δυνατότητα του απεικονιστικού συστήματος να διαχωρίζει τα ανακλώμενα ηχητικά κύματα δύο γειτονικών ανατομικών δομών, δηλαδή είναι η ικανότητα του συστήματος να διακρίνει δύο γειτονικούς ανακλαστήρες με αρκετά μεγάλο συντελεστή ανάκλασης. Συνεπώς εκφράζεται η δυνατότητα του απεικονιστικού συστήματος να διακρίνει λεπτομέρειες μικρών διαστάσεων. Στην υπερηχοτομογραφία , η Χ.Δ.Ι. έχει τέσσερις συνιστώσες: την αξονική , την πλάγια διακριτική ικανότητα και τη διακριτική ικανότητα όγκου, οι οποίες όλες εξαρτώνται από διάφορες παραμέτρους των ακουστικών παλμών ή της υπερηχητικής δέσμης, καθώς και τη διακριτική ικανότητα αντίθεσης (contrast resolution).

10.2 Αξονική Διακριτική Ικανότητα

Η Α.Δ.Ι. (ορισμένες φορές αποκαλείται και διαμήκης διακριτική ικανότητα ή διακριτική ικανότητα βάθους) είναι ένα μέτρο της ικανότητας του συστήματος να διακρίνει δύο γειτονικές «κηλίδες» (ή επιφάνειες) οι οποίες βρίσκονται κατά μήκος της διεύθυνσης διάδοσης της ηχητικής δέσμης. Αν οι κηλίδες (ή επιφάνειες) είναι σαφώς (=καθαρά) διαχωρισμένες μεταξύ τους, τότε ταυτοποιούνται (= ανιχνεύονται ως ξεχωριστές) εύκολα. Όσο όμως η μεταξύ τους, απόσταση γίνεται ολοένα και πιο μικρή, τότε οι επιστρεφόμενες ανακλάσεις από κάθε μία τους γίνονται όλο και λιγότερο «ξεχωριστές» (αναγνωρίσιμες ως ξεχωριστές), με τελικό αποτέλεσμα να μην απεικονίζονται πια σαν δύο διαφορετικές οντότητες αλλά σαν μία.

Η Α.Δ.Ι. εξαρτάται από το χωρικό μήκος του παλμού 1 (spatial pulse length).

Το χωρικό μήκος παλμού(Σχ. 10.1) είναι το μήκος του παλμού. Δίνεται από το γινόμενο του αριθμού κύκλων ανά παλμό επί το μήκος του παλμού λ .



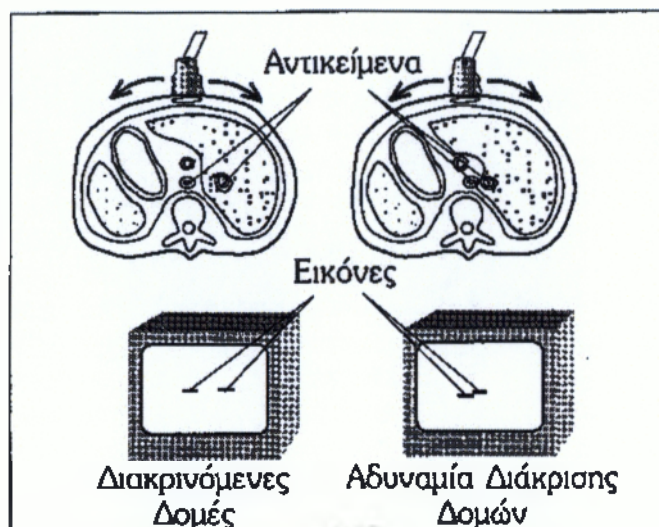
Σχήμα 10.1 Χωρικός μήκος παλμού

Για καλύτερη (ιδανική) Α.Δ.Ι. θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί η ψηλότερη συχνότητα, η οποία θα επιτρέπει ταυτόχρονα και την απαραίτητη διαπερατότητα στον ιστό.

10.3 Πλευρική Διακριτική Ικανότητα

Η Π.Δ.Ι. (ορισμένες φορές αποκαλείται και αξιμουθιακή) αναφέρεται στη δυνατότητα διάκρισης δύο γειτονικών «κηλίδων» (ή επιφανειών) όταν η μεταξύ τους απόσταση είναι κάθετη στη διεύθυνση διάδοσης της ηχητικής δέσμης. Δύο τέτοιες κηλίδες θα δώσουν διακριτά ηχητικά σήματα αν η μεταξύ τους απόσταση είναι μεγαλύτερη από το εύρος της δέσμης(το οποίο και καθορίζει την Π.Δ.Ι.)

Το σχήμα 10.2 παρουσιάζει την όλη ιδέα της Π.Δ.Ι. Όταν κάποιος ανιχνεύει (σαρώνει) «πλευρικά» κατά μήκος κύματος των αντικειμένων, η ηχώ επιστρέφει στο μετατροπέα κατά τη διάρκεια της ολοκλήρωσης της περιόδου ανίχνευσης των δύο αντικειμένων. Αν τα δύο αντικείμενα ήταν σημειακά, αυτά θα εμφανίζονταν σαν μία γραμμή, το μήκος της οποίας θα ήταν ίσο με το ενεργό εύρος της υπερηχητικής δέσμης.



Σχήμα 10.2 Ορισμός της πλευρικής διακριτικής ικανότητας

Αν τώρα κάποιος σαρώνει δύο σημειακά αντικείμενα που απέχουν μεταξύ τους απόσταση μεγαλύτερη από το εύρος της δέσμης, δύο ίσιες (ευθείες) γραμμές θα εμφανιστούν. Όσο η μεταξύ των δύο σημείων απόσταση μειώνεται, τόσο οι γραμμές που εμφανίζονται στην εικόνα θα πλησιάζει η μία την άλλη μέχρις ότου συγχωνευθούν σε μία γραμμή.

Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των δύο (σημειακών) αντικειμένων, στην οποία οι δύο γραμμές μπορούν να διακρίνονται μεταξύ τους ως δύο ξεχωριστές οντότητες, αποτελεί και την Π.Δ.Ι.

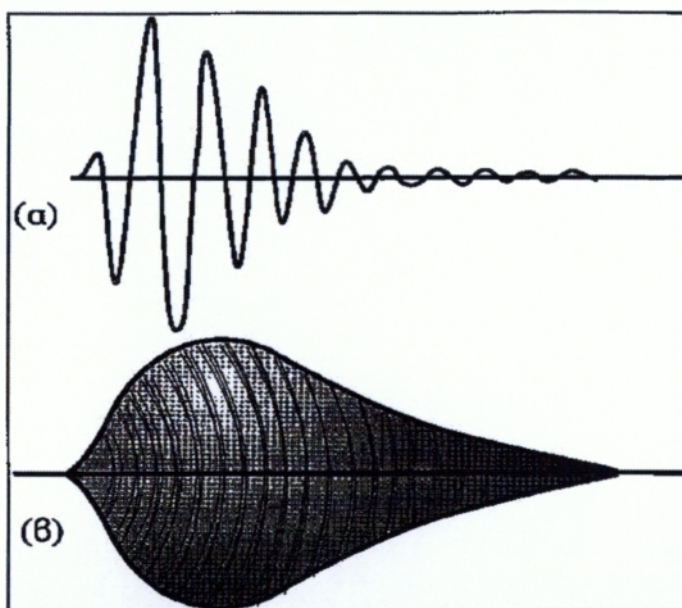
Αυτή η Π.Δ.Ι. είναι περίπου ίση με το εύρος της δέσμης και συνεπώς εξαρτάται από το μέγεθος του μετατροπέα και εν μέρει από τη συχνότητα. Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος του μετατροπέα τόσο υποβιβάζεται η Π.Δ.Ι. μια και το εύρος της μεταβάλλεται κατά το μήκος του άξονά της.

10.4 Διακριτική Ικανότητα Όγκου

Στις υπερηχοτομογραφίες Διακριτική Ικανότητα Όγκου είναι ο μικρότερος όγκος υλικού μέσα στον οποίο, όταν προσπέσουν υπέρηχοι, συμβαίνουν αλληλεπιδράσεις κύματος-ύλης, που μας δίνουν διακριτές πληροφορίες ή σήμα. Θεωρητικά, η Διακριτική Ικανότητα Όγκου των υπερηχοτομογράφων ορίζεται ως ο όγκος του στερεού σχήματος, που προκύπτει, όταν η περιβάλλουσα του διακροτήματος περιστραφεί ως προς τη

διεύθυνση διαδόσεως του κύματος (σχ. 10.3). Στην πράξη ποτέ δεν επιτυγχάνεται αυτή η τιμή του όγκου.

Η Διακριτική Ικανότητα Όγκου εξαρτάται από το υλικό διαδόσεως, τη συχνότητα του κύματος και τη χρονική διάρκεια του διακροτήματος(δηλ. από τις αλληλεπιδράσεις υπερηχητικής δέσμης-ιστού, τη μορφή και τη χρονική διάρκεια του παλμού).



Σχ.10.3 α. Παλμός υπερήχων - β. Θεωρητική δ.ι.ο. του παλμού του σχήματος α.

10.5 Διακριτική Ικανότητα Αντίθεσης

Η ικανότητα διάκρισης μικρών διαφορών εξαρτάται κυρίως από το λόγο έντασης σήματος προς ένταση θορύβου(SNR signar to noise ratio), τη δυναμική κλίμακα της οθόνης, καθώς και τις μεθόδους επεξεργασίας των σημάτων εξόδου του μεταλλάκτη ή και της τελικής εικόνας, όσο αυτή βρίσκεται στη μνήμη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ

11.1 Γενικά

11.2 Απεικόνιση Α-Τρόπου

11.3 Β-Τρόπος απεικόνισης

11.4 Μ-Τρόπος απεικόνισης

11.5 C Τρόπος σάρωσης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ

11.1 Γενικά

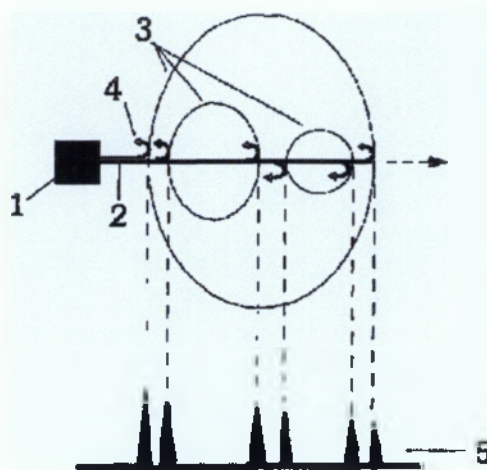
Η υπερηχητική εικόνα είναι στην ουσία μια ηλεκτρονική εικόνα η οποία δημιουργείται από τις πληροφορίες, οι οποίες μεταφέρονται από τις ανιχνευόμενες ανακλάσεις.

Η εξέλιξη της υπερηχητικής απεικόνισης άρχισε σιγά-σιγά με την εμφάνιση ενός στατικού μονοδιάστατου τρόπου απεικόνισης (α- Mode), βελτιώθηκε κάπως όταν ο παράγων χρόνος προσαρμόσθηκε στην όλη διαδικασία(TM-Mode) και έκανε τεράστια άλματα προόδου με την απεικόνιση δύο διαστάσεων (B-Mode) και με την απεικόνιση διαβαθμίσεων του γκριζου(gray scale imaging). Αυτή η αλματώδης εξέλιξη στην υπερηχογραφική απεικόνιση, οφείλεται αποκλειστικά και μόνο στην παράλληλη εξέλιξη της τεχνολογίας.

Στην πραγματικότητα μέθοδοι απεικόνισης όπως οι παραπάνω δείχνουν «απαρχαιωμένοι» μπροστά στα σύγχρονα τεχνολογικά επιτεύγματα(3-D απεικόνιση κ. λπ) αλλά θα πρέπει να σημειωθεί, ότι ακόμα και αυτές οι υπερσύγχρονες μέθοδοι στηρίζουν τη λειτουργία τους στις ίδιες «απλές» αρχές των παλαιότερων τρόπων απεικόνισης.

11.2 Απεικόνιση – Α – Τρόπου (A Mode Display)

Αποτελεί και την αφετηρία για την εξέλιξη των υπόλοιπων τρόπων απεικόνισης. Εδώ οι ανιχνευόμενες ανακλάσεις απεικονίζονται μονοδιάστατα ως εξέχουσες, από μια οριζόντια βασική γραμμή (base line), κορυφές (peaks)(σχ.11.1)



Σχ.11.1 Α-Τρόπος Απεικόνισης.

1. Κεφαλή υπερήχων 2. Εκπεμπόμενη υπερηχητική δέσμη. 3. Ηχοαντανακλαστικές επιφάνειες.
4. Επιστρεφόμενη ηχώ. 5. Απεικόνιση

Η βασική γραμμή αντιπροσωπεύει τον άξονα διεύθυνσης της δέσμης και είναι βαθμονομημένη σε cm. Το ύψος της κάθε κορυφής είναι ανάλογο της έντασης της ανακλώμενης δέσμης στην οποία αντιστοιχεί, δηλαδή για έντονες ανακλάσεις υπάρχει μεγάλο ύψος κορυφών.

Η συγκεκριμένη θέση μιας κορυφής επί της οριζόντιας βασικής γραμμής παρέχει το βάθος, στο οποίο βρίσκεται η ανατομική δομή επί της επιφάνειας της οποίας έγινε η ανάκλαση του ηχητικού παλμού. Η απεικόνιση αυτής της ακολουθίας κορυφών, ονομάζεται υπερηχογράφημα Α-τρόπου (A-Mode: Amplitude Modulation: Διαμόρφωση πλάτους). Κύριος σκοπός είναι να μετρηθούν το βάθος στο οποίο βρίσκονται οι δομές οι οποίες ανιχνεύονται, καθώς και η απόσταση μεταξύ τους. Στη σημερινή πραγματικότητα η απεικόνιση Α-Τρόπου σπάνια χρησιμοποιείται.

11.3 Β – Τρόπος Απεικόνισης (B – Mode Display 1 , Brightness Mode Display)

Με τη μέθοδο αυτή έχουμε δισδιάστατη απεικόνιση μορφών που βρίσκονται μέσα στο ανθρώπινο σώμα . Η κεφαλή σε αυτή την περίπτωση, μετακινείται αριστερά και δεξιά κατά έναν άξονα, προκειμένου να διαγράψει ένα πλήθος γραμμών σάρωσης. Ο παλμός σε αυτή την περίπτωση, μετασχηματίζεται σε κουκίδα της οποίας η φωτεινότητα είναι ανάλογη της έντασης της ηχούς(ύψος παλμού) ενώ το μέγεθος της είναι ανάλογο της διάρκειας της ηχούς(πλάτος παλμού). Ο χρόνος που κάνει η ηχώ να ανιχνευτεί από την κεφαλή μας δίνει πληροφορία για το βάθος στο οποίο βρίσκεται η ανακλώσα επιφάνεια

μέσα στο ανθρώπινο σώμα, ενώ η φωτεινότητά της, μας πληροφορεί για την ποιότητα του ιστού από τον οποίο αποτελείται η επιφάνεια αυτή.

Η απεικόνιση αυτή απεικονίζει τη θέση των ανακλαστικών επιφανειών κατά τη διεύθυνση και μόνο της δέσμης. Έτσι έχουμε μόνο μια περιορισμένη άποψη για το σε ποιο βάθος βρίσκεται η επιφάνεια αυτή στο σύνολό της.

Η μέθοδος απεικόνισης β- Τρόπου(σχ. 11.2) από μόνη της έχει περιορισμένη εφαρμογή στη διάγνωση με υπερήχους. Αν όμως η θέση και η διεύθυνση της υπερηχητικής δέσμης αναγνωρίζεται με κάποιον ηλεκτρομηχανικό τρόπο από το σύστημα απεικόνισης, καθώς και οι διαδοχικές γραμμές σάρωσης μονιμοποιούνται πάνω στην οθόνη ενός παλμογράφου μεταβλητής διατήρησης μνήμης, τότε θα εμφανισθεί μια εικόνα(αυτή του οργάνου που σαρώνεται), η οποία οφείλεται σε αυτή τη συνάθροιση των διαδοχικών γραμμών σάρωσης. Αυτού του είδους η απεικόνιση ονομάζεται σύνθετη απεικόνιση Β-τρόπου(compound-B mode display), αν και ευρύτερα είναι καθιερωμένος ο όρος Β-σάρωση(B-scan).

Όπως έχει αναφερθεί η εικόνα παρουσιάζεται στην οθόνη ενός παλμογράφου μεταβλητής μνήμης, γεγονός που έχει το πλεονέκτημα ότι επιτρέπει να παρακολουθείται ο σχηματισμός της εικόνας από τις διαδοχικές γραμμές σάρωσης μέχρι το τέλος αυτής και για μεγάλο χρονικό διάστημα(10min) μετά την ολοκλήρωσή της. Το μεγάλο μειονέκτημα όμως των συμβατικών παλμογράφων είναι ότι δεν είναι δυνατόν να αναπαράγουν τις διάφορες αποχρώσεις του γκρι που αντιστοιχούν σε ενδιάμεσες διαφορετικές εντάσεις ανακλάσεων. Γι' αυτό και οι κατασκευαστικές αντικατέστησαν την οθόνη του παλμογράφου με οθόνη H/Y, στου οποίου τη μνήμη αποθηκεύονται οι γραμμές σάρωσης υπό τη μορφή ψηφιακών δεδομένων.

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα αυτού του τρόπου αποθήκευσης-παρουσίασης είναι:

- 1) Η δυνατότητα απεικονίσεως αποχρώσεων του γκρι στην οθόνη του υπολογιστή. Δηλαδή αντιστοιχία σε κάθε ανάκλαση μιας αριθμητικής τιμής που, ταυτόχρονα, αντιπροσωπεύει την ένταση της ανάκλασης αυτής, καθώς και μια απόχρωση στην κλίμακα του γκρι(Gray Scale).
- 2) Η δυνατότητα επέμβασης στην ποιότητα-ποσότητα των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα στην ψηφιακή μνήμη. Τέτοιου είδους επεμβάσεις μπορεί να έχουν τη μορφή:

Α) Τεχνητής αύξησης των γραμμών σάρωσης⁹ με στόχο την αισθητική και μόνο βελτίωση της εικόνας.

Β) Ένα άλλο είδος τεχνητής αύξησης των γραμμών σάρωσης λέγεται γραμμική παρεμβολή(interpolation). Εδώ σχηματίζονται νέες γραμμές που παρεμβάλλονται μεταξύ δύο πραγματικών γραμμών. Οι κηλίδες των γραμμών αυτών έχουν ενδιάμεσες αποχρώσεις του γκρι σε σχέση με τις αντίστοιχες κηλίδες των δύο παρακείμενων του γραμμών.

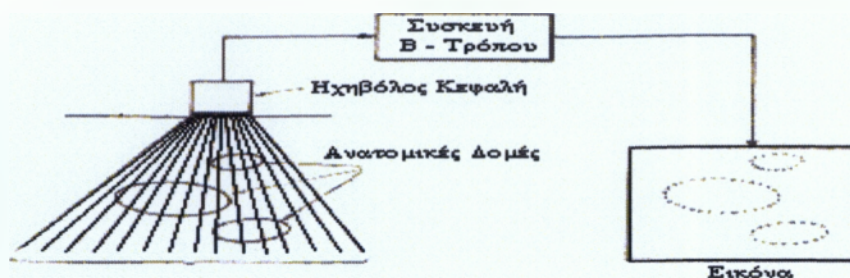
Γ) Επέμβαση στη δυναμική περιοχή(dynamic range)της εικόνας.

Στις περισσότερες τεχνικές απεικόνισης Β-τρόπου, ο μετατροπέας τοποθετείται πάνω στο δέρμα του ασθενούς με την παρεμβολή κάποιου ενδιάμεσου υλικού(coupling gel) προκειμένου να μην παρεμβληθεί αέρας και έτσι να εξασφαλισθεί η ικανοποιητική μεταφορά ενέργειας μεταξύ μετατροπέα και δέρματος. Αυτή η μέθοδος λέγεται σάρωση επαφής(contact scanning).

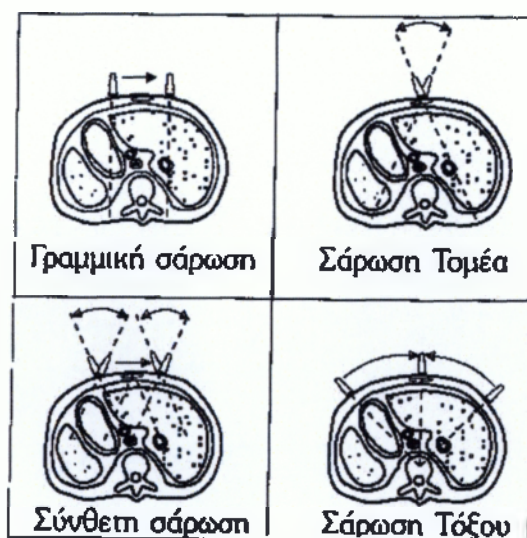
Κατά τη διάρκεια της σάρωσης επαφής, ο μετατροπέας μπορεί είτε να παραμείνει σε ένα σημείο και να κάνει μια παλινδρομική κίνηση μπροστά-πίσω επιτυγχάνοντας έτσι τη σάρωση ενός και μόνο τομέα(σχ.11.3 simple sector scan), είτε σε συνδυασμό με την παλινδρομική κίνησή του, να εκτελεί και μια γραμμική κίνηση(σχ.11.3) κατά μήκος μιας διαδρομής πάνω στο σώμα του ασθενούς, δηλ. να εκτελεί μια σύνθετη σάρωση επαφής(compound contact scan). Αυτή η σύνθετη κίνηση είναι απαραίτητη γιατί διάφορες ανατομικές δομές στο ανθρώπινο σώμα παρουσιάζουν στην επιφάνειά τους ποικίλες γωνιώσεις, από τις οποίες ανακλώνται τα υπερηχητικά κύματα. Εάν η γωνία πρόσπτωσης της δέσμης στην ανακλαστική επιφάνεια είναι μεγαλύτερη από 3 μοίρες, τότε το ποσοστό της ανακλώμενης δέσμης δεν είναι ικανό προκειμένου να δημιουργηθεί εικόνα. Ενώ αντίθετα, με τη σύνθετη κίνηση που περιγράφηκε παραπάνω μπορεί να καλυφθεί μια δομή υπό κάθε γωνία.

Άλλοι τρόποι σάρωσης είναι η γραμμική σάρωση(σχ.11.3) και η σάρωση τόξου(σχ.11.3).

⁹ Όσο περισσότερες είναι οι γραμμές σάρωσης τόσο καλύτερη είναι η εικόνα, εάν λάβουμε υπόψη ότι κάθε γραμμή σάρωσης περιέχει και μια ποσότητα διαγνωστικής πληροφορίας.



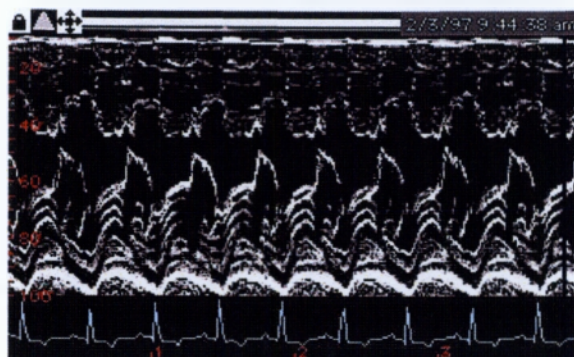
Σχ. 11.2 Β- τρόπος απεικόνισης.



Σχ. 11.3 Τρόποι κίνησης της υπερηχομογραφικής κεφαλής για τη λήψη εικόνων Β- Τρόπου.

11.4 Μ – Τρόπος Απεικόνισης (Μ – Mode Display)

Η μέθοδος αυτή (σχ. 11.4) χρησιμοποιείται για την απεικόνιση κινούμενων ανατομικών δομών. Οι δομές αυτές απεικονίζονται ως κυματιστές γραμμές με ύψος κύματος ανάλογα με την μετακίνηση. Οι ακίνητες δομές απεικονίζονται ως ευθείες γραμμές. Ο υπερηχητικός παλμός περιέχει πληροφορία που σχετίζεται με την θέση της κινούμενης ανατομικής δομής και την φωτεινότητα της κουκίδας, άρα την ένταση της ηχούς.

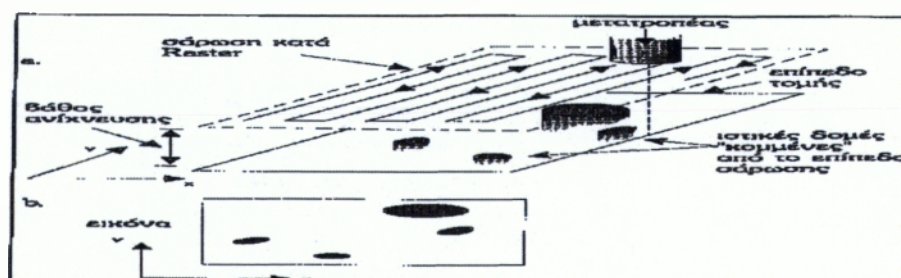


Σχήμα 11.4 Μ-Τρόπος απεικόνισης

Επίσης αναφέρεται και ως TM-τρόπος(time motion-mode)και UCH(Ultrasonic cardiology υπερηχητικό καρδιογράφημα), μια και η κύρια εφαρμογή του αφορά την παρακολούθηση της κίνησης της καρδιάς(π.χ. των βαλβίδων αυτής).

11.5 C – Τρόπος Σάρωσης (C – Mode Constant Depth Scan)

Τέλος ένας λιγότερο γνωστός τρόπος απεικόνισης είναι η λεγόμενη σάρωση σταθερού βάθους(constant depth scanning), όπου ένα ηλεκτρονικά απομονωμένο ποσοστό του A-scan σήματος απεικονίζεται σε μια οθόνη μεταβλητής φωτεινότητας, προκειμένου να αναδειχθεί ένα συγκεκριμένο επίπεδο μέσα στο σώμα του ασθενούς.Η μέθοδος αυτή επιτρέπει τη χρησιμοποίηση μετατροπών μεγάλης διαμέτρου ισχυρά εστιασμένους, καθώς και η εικόνα που δημιουργείται αφορά δομές που είναι μέσα στο εστιακό επίπεδο. Έτσι γίνεται δυνατή απεικόνιση δομών με μέγιστη διακριτική ικανότητα(καλύτερο contrast, λόγω απομόνωσης της περιοχής ενδιαφέροντος).Ένα μεγάλο μειονέκτημα της μεθόδου, είναι ότι οι δομές εκτός του απεικονιζόμενου πεδίου εξασθενούν την ανακλώμενη δέσμη και έτσι ο υπολογισμός των στοιχείων από τον H/Y για το σχηματισμό της εικόνας αργεί(σχ.11.5)



Σχ.11.5 α C τρόπος σάρωσης και απεικόνισης β

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

12.1 Στατικά Συστήματα

12.2 Δυναμικά Συστήματα ή συστήματα πραγματικού χρόνου

12.3 Τρόποι Σάρωσης

12.4 Υπερηχογραφικά συστήματα ειδικών εφαρμογών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα υπερηχογραφικά συστήματα απεικόνισης, ανάλογα με το αν οι πληροφορίες που μας παρέχουν αφορούν τη μορφή ή την κίνηση(ή και τα δύο) μιας ανατομικής δομής, διακρίνονται σε:

- 1) Στατικά συστήματα(static systems ή static scanners).
- 2) Δυναμικά συστήματα ή συστήματα πραγματικού χρόνου(Dynamic ή Real-time systems).

12.1 Στατικά συστήματα (Static Systems ή Static Scanners)

Αυτά παρέχουν μια στατική εικόνα του εξεταζόμενου οργάνου, σε χρονικό διάστημα από 2 έως 10 sec, ανάλογα με τον τρόπο και το μήκος του B- τρόπου σάρωσης που εκτελεί ο μετατροπέας πάνω στο σώμα του εξεταζόμενου. Γενικότερα, συστήματα στατικής απεικόνισης δε διατίθενται πλέον στο εμπόριο.

12.1.1 Τεχνικές Στατικής Σάρωσης

A. Γραμμική Σάρωση (Linear Scan)

Στη γραμμική σάρωση ο μεταλλάκτης είναι σε άμεση επαφή με το δέρμα του ασθενούς(με την παρεμβολή του γνωστού coupling gel) και μετακινείται σε μια ευθεία διαδρομή πάνω σε αυτό. Σημειώνεται ότι ο κύριος άξονας του μετατροπέα είναι πάντα κατακόρυφος.

B. Σάρωση Τομέα (Sector Scan)

Μια σάρωση τομέα γίνεται όταν ο μεταλλάκτης δε μετακινείται κατά μήκος της επιφάνειας του δέρματος, αλλά εκτελεί μια παλινδρομική κίνηση γύρω από τον κατακόρυφο άξονά του. Έτσι επιτυγχάνεται η σάρωση και επομένως η απεικόνιση ενός τομέα σχήματος πίτας(pie-shaped image). Ο ίδιος όρος χρησιμοποιείται και για την

εικόνα σχήματος σφήνας(Wodge-Shaped Image) μερικών δυναμικών συστημάτων. Η παραπάνω τεχνική χρησιμοποιείται για εξέταση διαμέσου των μεσοπλευρίων διαστημάτων ή για τη διερεύνηση δομών που επικαλύπτονται από εντερικά αέρια.

Γ. Σύνθετη Σάρωση Τομέα (Compound Sector Scanning)

Η σάρωση αυτή αποτελείται από πολλαπλές σαρώσεις τομέα που σχηματίζουν μαζί μια σύνθετη εικόνα. Η τεχνική αυτή είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος απεικόνισης περιοχών που καλύπτονται μερικώς από πλευρές ή αέριο. Όμως, συνήθως δημιουργούνται ψευδενδείξεις από τη διασταύρωση των δεσμών από διαφορετικές κατευθύνσεις.

Δ. Σάρωση με μονό πέρασμα (Single Pass Scanning)

Για την εξέταση οργάνων παρόμοιας υφής με το ήπαρ, χρησιμοποιείται η τεχνική αυτή. Ο μεταλλάκτης μετακινείται μόνο μια φορά πάνω από τη δομή. Μερικές βλάβες, όπως μεταστάσεις στο ήπαρ που μπορεί να αποκρυφθούν από τη σύνθετη σάρωση τομέα, μπορεί να φτάνουν με την τεχνική αυτή. Σημειώνεται δε, ότι ο κατακόρυφος άξονας του μετατροπέα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο κάθετος στην υπό εξέταση ανακλαστική επιφάνεια του. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή κατάλληλης πίεσης στο μετατροπέα. Όλες οι παραπάνω σαρώσεις εκτελούνται υπό χειροκίνητο έλεγχο.

12.2 Δυναμικά Συστήματα ή Συστήματα Πραγματικού Χρόνου (Dynamic ή Real – Time Systems)

Στα συστήματα αυτά η σάρωση, δηλαδή η «λήψη» όλων των απαραίτητων για το σχηματισμό μιας εικόνας γραμμών σάρωσης, γίνεται με ηλεκτρονικό ή μηχανικό τρόπο και με πολύ μεγάλη ταχύτητα. Κατά συνέπεια υπάρχει η δυνατότητα σχηματισμού πολλών εικόνων το δευτερόλεπτο(20 έως 60 εικόνες/sec). Κατ' αυτόν τον τρόπο μπορεί να «παρακολουθεί» και να αποδοθεί στην οθόνη του μηχανήματος πραγματικού χρόνου η κίνηση των διαφόρων οργάνων. Στην ουσία πρόκειται για τη δυναμική απεικόνιση του Β-τρόπου σάρωσης. Δηλαδή η εικόνα που παρέχουν τα συστήματα πραγματικού χρόνου δεν είναι τίποτε άλλο από την προβολή, με κινηματογραφική ταχύτητα, διαδοχικών

εικόνων που αποτελούνται από Β-γραμμές σάρωσης. Για να δημιουργηθεί αυτή η εντύπωση της «κίνησης» του απεικονιζόμενου οργάνου, ο ρυθμός σχηματισμού αλληλοδιάδοχων εικόνων, (Ρυθμός ανανέωσης-Refresh scanning rate), πρέπει να είναι πολύ υψηλός(20-60 εικόνες/sec). Στη πραγματικότητα, η τιμή του ρυθμού ανανέωσης περιορίζεται τόσο από τις γραμμές σάρωσης Β-Τρόπου, όσο και από το βάθος στο οποίο βρίσκεται η δομή που θέλουμε να απεικονίσουμε. Επίσης μειονέκτημα της απεικόνισης πραγματικού χρόνου, είναι ότι η άποψη για τη μορφή μιας ανακλαστικής επιφάνειας δημιουργείται από την αλληλεπίδραση δέσμης-επιφάνειας με την υπερηχητική δέσμη που προσπίπτει στην επιφάνεια μόνο από μια κατεύθυνση, ενώ κατά την απεικόνιση Β-τρόπου είναι δυνατή η αποθήκευση και σύνθεση πληροφοριών-για τη θέση και τη μορφή της ανακλαστικής επιφάνειας-προερχόμενων από την αλληλεπίδραση δέσμης-επιφάνειας υπό πολλές γωνίες.

Συμπερασματικά, με τον Β-τρόπο σάρωσης επιτυγχάνεται καλύτερη (εγκάρσια) διακριτική ικανότητα σε σύγκριση με την απεικόνιση πραγματικού χρόνου.

Από την άλλη μεριά, η δυναμική απεικόνιση έχει ορισμένα πλεονεκτήματα που την καθιστούν αναντικατάστατη. Πιο συγκεκριμένα:

- Το επίπεδο πεδίο, που αναδεικνύει καλύτερα την περιοχή ενδιαφέροντος, μπορεί να βρεθεί γρήγορα.
- Η εξέταση ολοκληρώνεται σε μικρό χρονικό διάστημα.
- Η πορεία εκτεταμένων ανατομικών δομών μπορεί να ακολουθηθεί επιτρέποντας το συνολικό έλεγχο τους. (π.χ. αγγεία)
- Η παρατήρηση της κίνησης μπορεί να οδηγήσει στην ανακάλυψη της ταυτότητας του οργάνου.
- Τέλος, είναι γεγονός ότι μια εξέταση πραγματικού χρόνου είναι λιγότερο επιρρεπής σε λάθη του χειριστή, καθώς η σάρωση επαναλαμβάνεται και είναι, μέχρι κάποιο σημείο, αυτόματα.

12.3 Τρόποι Σάρωσης

Οι τρόποι σάρωσης χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες:

1. στους μηχανικούς και
2. τους ηλεκτρονικούς τρόπους σάρωσης.

1. Μηχανικοί Τρόποι Σάρωσης

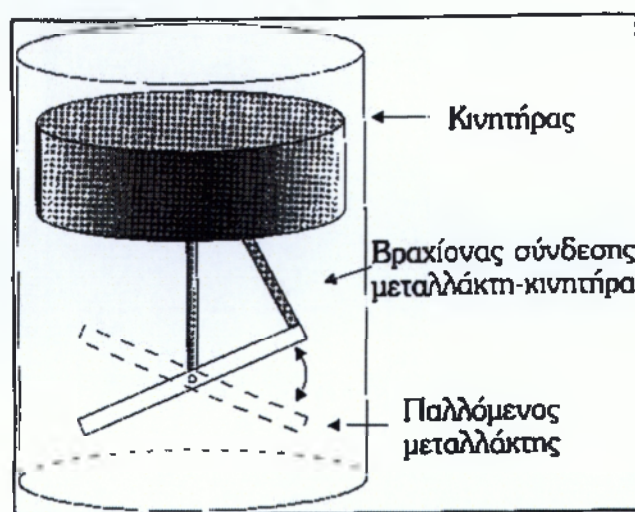
Τα συστήματα μηχανικής σάρωσης ήταν και τα πρώτα συστήματα απεικόνισης πραγματικού χρόνου που εμφανίστηκαν. Στη σύγχρονη πραγματικότητα οι μηχανικοί τρόποι σάρωσης τείνουν να εκλείψουν.

Σε αυτά τα συστήματα ο πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος εξαναγκάζεται –με κάποιο μηχανικό τρόπο- να «σαρώσει» κάποια συγκεκριμένη περιοχή ενδιαφέροντος. Από κάθε σάρωση του μετατροπέα προκύπτει και μια εικόνα που συμμετέχει στη δημιουργία εντύπωσης κίνησης της εξεταζόμενης περιοχής.

Οι βασικότεροι τρόποι μηχανικής σάρωσης είναι οι εξής:

A. Σάρωση με παλλόμενο μεταλλάκτη (Oscillating transducer).

Η σάρωση σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή γίνεται με τη στροφική ταλάντωση του μεταλλάκτη με άξονα μια διάμετρό του. (σχ.12.1)



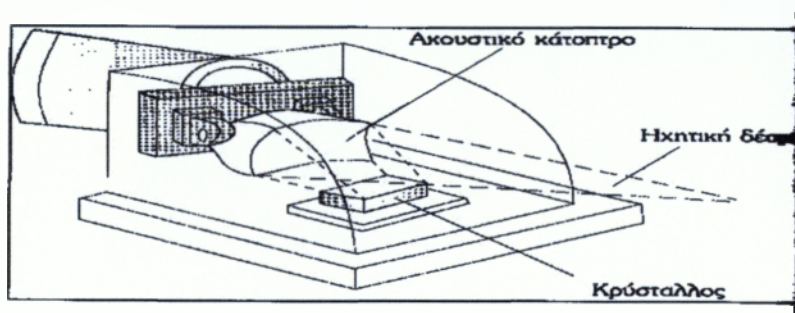
Σχ. 12.1 Μηχανική σάρωση παλλόμενου μεταλλάκτη

Ο εξαναγκασμός του κρυστάλλου να κινηθεί κατ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται είτε με τη σύνδεσή του με κάποιον κινητήρα είτε με την προσαρμογή ενός μόνιμου μαγνήτη στο πίσω μέρος του κρυστάλλου. Σε αυτήν την περίπτωση, ο μαγνήτης βρίσκεται σε αντιπαράθεση με έναν ηλεκτρομαγνήτη. Έτσι αλλάζοντας τη φορά του ρεύματος μέσα στον ηλεκτρομαγνήτη, εξαναγκάζεται ο μόνιμος μαγνήτης, και επομένως ο κρύσταλλος, να ταλαντωθεί. Η ταλάντωση αυτή προκαλεί μια ταχεία μεταβολή της διεύθυνσης εμπλοκής της υπερηχητικής δέσμης, με αποτέλεσμα τη σάρωση μιας περιοχής ενδιαφέροντος με σχήμα κυκλικού τομέα.

Β. Σάρωση στροφικής ταλάντωσης(ακουστικού κατόπτρου).

Βάσει της μεθόδου αυτής, ο μεταλλάκτης παραμένει ακίνητος και η σάρωση της δέσμης γίνεται με την ταλάντωση κατόπτρου που ανακλά την ηχητική δέσμη που προσπίπτει πάνω του προερχόμενη από το μεταλλάκτη.

Λόγω της ταλάντωσης του ακουστικού κατόπτρου η ηχητική δέσμη ανακλάται υπό γωνία που συνεχώς μεταβάλλεται(Σχ.12.2)



Σχ.12.2 Σάρωση με ταλάντωση ακουστικού κατόπτρου

Γ. Σάρωση με μετατροπέα Στρεφόμενου Τροχού(Rotating Wheel Transducer)

Αυτού του είδους η σάρωση επιτυγχάνεται από ένα σύστημα 3 ή 4 μετατροπέων που είναι προσαρμοσμένοι στην περιφέρεια ενός τροχού σε θέσεις που σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 120 ή 90 μοιρών αντίστοιχα.

Στα συστήματα στρεφόμενου τροχού, ως πλεονέκτημα θεωρείται η σταθερή γωνιακή ταχύτητα που διατηρείται κατά την περιστροφή του τροχού, με αποτέλεσμα το σταθερό ρυθμό επανάληψης παλμών. Στα συστήματα ταλάντωσης ακουστικού κατόπτρου εμφανίζεται ως πλεονέκτημα ο μικρός ρυθμός ανανέωσης(frame rate)-(22 εικόνες/sec) λόγω της μεγάλης αδράνειας του συστήματος, αν λάβουμε υπόψη ότι τα άλλα συστήματα επιτυγχάνουν ρυθμούς της τάξεως των 20 έως 60 εικόνων/sec.

Πρέπει να τονιστεί ότι η γωνία του κυκλικού τομέα και η διακριτική ικανότητα του συστήματος βρίσκονται σε μια σχέση αντίστροφης αναλογίας. Έτσι όσο μεγαλύτερη είναι η γωνία του κυκλικού τομέα τόσο υποβαθμίζεται η διακριτική ικανότητα, λόγω του ότι οι ίδιες γραμμές σάρωσης B- τρόπου κατανέμονται σε μεγαλύτερη περιοχή. Δηλαδή περισσότερη πληροφορία διασκορπίζεται σε μεγαλύτερη επιφάνεια.

Το σημείο του περιβλήματος από το οποίο εξέρχεται η δέσμη ονομάζεται ακουστικό παράθυρο, και είναι κατασκευασμένο από ηχοδιαπερατό υλικό. Τα υλικά αυτά τα οποία αποτελούνται τόσο το ηχοδιαπερατό υγρό όσο και το ακουστικό παράθυρο, έχουν

παρόμοιες φυσικές ιδιότητες με εκείνες των μαλακών ιστών, έτσι ώστε να μην εξασθενούν τη δέσμη και επομένως να διευκολύνουν τη μεταφορά της υπερηχητικής ενέργειας από το μεταλλάκτη στο σώμα του ασθενούς.

Δ. Σάρωση με κεφαλές Convex.

Ένα από τα πλεονεκτήματα της ορθογώνιας(rectangular)σάρωσης των γραμμικών διατάξεων(linear arrays)σάρωσης, συγκριτικά με τα συνήθη μηχανικά συστήματα σάρωσης τομέα, είναι το βάθος σάρωσης κοντά στο δέρμα.

Ταυτόχρονα, όμως, τίθεται και το πρόβλημα της μεγάλης επιφάνειας του συστήματος που απαιτείται για επαφή με το δέρμα. Μια λύση στο παραπάνω πρόβλημα δίνουν οι διατάξεις Convex, όπου έχουμε μια επιφάνεια σάρωσης κάπου ανάμεσα σε αυτές που απαιτούνται για τη σάρωση τομέα και τη γραμμική σάρωση(σχ. 12.3)



Σχ. 12.3 Διάταξη τύπου Convex

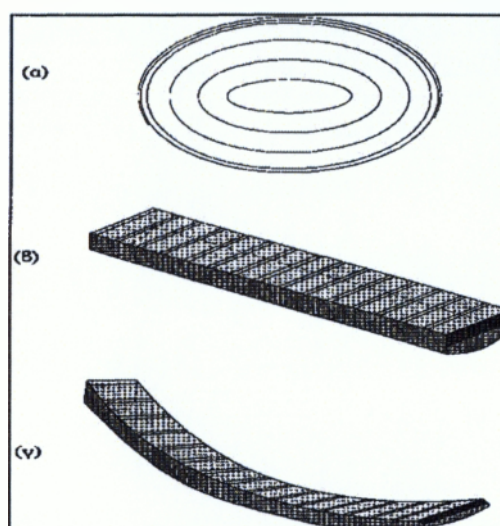
Αυτές οι διατάξεις που λειτουργούν κατά τρόπο παρόμοιο με τις γραμμικές διατάξεις, δίνουν ένα μεγαλύτερο πεδίο τομής(field of view F.O.V) για ένα συγκεκριμένο βάθος σε σύγκριση με μια γραμμική διάταξη που έχει την ίδια επιφάνεια επαφής.

2. Συστήματα ηλεκτρονικού τρόπου – Σάρωση ηλεκτρονικής διάταξης(Electronic array scanning).

Αντίθετα με ότι συμβαίνει στους μηχανικούς τρόπους σάρωσης, τα συστήματα ηλεκτρονικής σαρώσεως δε χρησιμοποιούν κινούμενα μέρη(μεταλλάκτες, κάτοπτρα κ.λ.π.)αλλά διατάξεις πολλαπλών πιεζοηλεκτρικών στοιχείων. Τέτοιες διατάξεις φαίνονται στο σχήμα 12.4.

Η σάρωση της ηχητικής δέσμης προκαλείται από τη διαδοχική διέγερση των πιεζοηλεκτρικών αυτών στοιχείων. Υπάρχουν τρεις κυρίως διατάξεις μεταλλακτών(transducers arrays) που χρησιμοποιούνται στην δυναμική απεικόνιση και είναι:

- 1) Γραμμικές διατάξεις(Linear arrays).
- 2) Γραμμικές διατάξεις φάσεως(Phased arrays).
- 3) Διατάξεις δακτυλίων(Annular arrays).



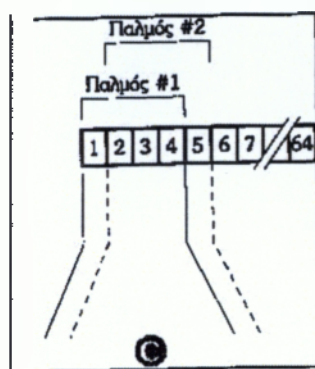
Σχήμα 12.4

1) Γραμμικές διατάξεις.

Αυτές οι διατάξεις αποτελούνται από έναν αριθμό από μικρά ορθογώνια πιεζοηλεκτρικά στοιχεία(διαστάσεων 2mm x10mm συνήθως), που είναι διατεταγμένα σε σειρά. Είναι δυνατόν ο αριθμός των πιεζοηλεκτρικών στοιχείων να είναι από 64 έως 200 και να σχηματίζουν μια σειρά μήκους 4/10cm. Στο μοντέλο πάνω στο οποίο θα μελετήσουμε τις γραμμικές διατάξεις, θεωρούμε ότι ο αριθμός των κρυστάλλων είναι 64. Από ότι έχει αναφερθεί μέχρι τώρα, μπορεί εύκολα να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι μια καλή υπερηχογραφική εικόνα απαιτεί, για το σχηματισμός της, έναν αρκετά μεγάλο αριθμό γραμμών σάρωσης.

Το πρόβλημα του επαρκούς αριθμού γραμμών σάρωσης σε συνδυασμό με την ανάγκη για ικανοποιητική εστίαση της δέσμης(δηλ. μεγάλη σε μήκος Fresnel ζώνη)λύθηκε με δύο παρεμβάσεις: πρώτον, χρησιμοποιώντας μια διάταξη με πολλούς μικρούς πιεζοηλεκτρικούς κρυστάλλους (για υψηλή συχνότητα γραμμών σάρωσης) και δεύτερον, αναγκάζοντας τους μετατροπείς να διεγείρονται κατά ομάδες και με αυτόν τον τρόπο να αποκτούν συμπεριφορά ενός μεγαλύτερου μετατροπέα, βελτιώνοντας έτσι την διακριτική ικανότητα.

Αυτή η διαδοχική διέγερση των πιεζοηλεκτρικών κρυστάλλων κατά ομάδες απεικονίζεται σχηματικά 12.5-C



Σχήμα 12.5 C

Θα υποθέσουμε ότι οι πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι λειτουργούν ανά τέσσερις σαν ομάδα. Στο σχήμα, ο παλμός νούμερο 1 δημιουργείται από την ταυτόχρονη διέγερση των κρυστάλλων 1, 2, 3 και 4. Αφού οι ανακλάσεις έχουν ανιχνευθεί από την 1^η ομάδα, η δεύτερη γραμμή σάρωσης δημιουργείται από τον 2^ο υπερηχητικό που εξορμά από την ομάδα των κρυστάλλων 2, 3, 4, και 5.

Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι οι κρύσταλλοι 61, 62, 63 και 64 δημιουργήσουν την τελευταία γραμμή σάρωσης¹⁰ για την εικόνα. Σε ορισμένες περιπτώσεις ο αριθμός των στοιχείων που διεγείρονται, αυξομειώνεται αυτόματα, π.χ. διεγείρονται οι κρύσταλλοι από 1 έως 5, στη συνέχεια οι κρύσταλλοι από 3 έως 5, μετά οι κρύσταλλοι από 3 έως 10 κοκ. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της εικόνας(εξομάλυνση-smoothing).

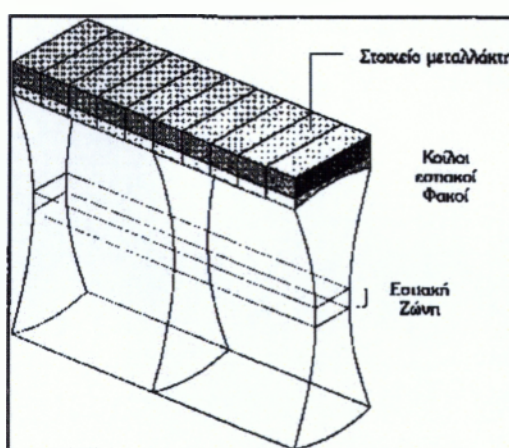
Μετά από μια τέτοια διαδικασία (διέγερση ομάδων κρυστάλλων με σταθερό αριθμό), θα δημιουργηθεί μια εικόνα που θα αποτελείται από 61 γραμμές σάρωσης και θα έχει σχήμα παραλληλογράμμου. Για να διεγερθεί όλη η σειρά των κρυστάλλων με αυτόν τον τρόπο θα απαιτηθεί 1/20 έως 1/50 του sec, επομένως θα επιτευχθεί ένας ρυθμός ανανέωσης(frame rate)20-50 εικόνες/sec. Τίθεται τώρα το ερώτημα πως μια υπερηχητική δέσμη που εξέρχεται από μια γραμμική διάταξη εστιάζεται. Δύο είναι οι βασικοί τρόποι εστίασης:

¹⁰ Σημειώνεται δε ότι και η διαδικασία λήψης των ανακλάσεων γίνεται με ανάλογο-κατά ομάδες-τρόπο.

A) Εσωτερική εστίαση(Internal focusing).

Αυτή επιτυγχάνεται με τη διαμόρφωση του σχήματος της εμπίπτουσας επιφάνειας σε κοίλο ή κυλινδρικό(σχ.12.6). Γι' αυτό τον σκοπό χρησιμοποιούνται διάφορες πλαστικές ύλες. Επειδή η ταχύτητα του ήχου στα πλαστικά υλικά είναι μεγαλύτερη από ότι στο νερό ή στο μαλακό ιστό, η παρεμβολή ενός κοίλου, από πλαστικό υλικό, «φακού» θα παρεκκλίνει τη δέσμη και –στην προκειμένη περίπτωση- θα την εστιάσει.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι στις γραμμικές διατάξεις η μορφή της ζώνης Fresnel έχει σχήμα ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου, είναι εύκολα κατανοητό ότι η δέσμη δε θα εστιασθεί σε ένα σημείο αλλά θα δημιουργήσει μια εστιακή ζώνη, παράλληλη προς το επίπεδο που ορίζει η γραμμική διάταξη των ανιχνευτών και με πλάτος ίδιο με αυτό της γραμμικής διάταξης. Στην ουσία το εύρος της εστιακής ζώνης αντιπροσωπεύει το πάχος της τομής.

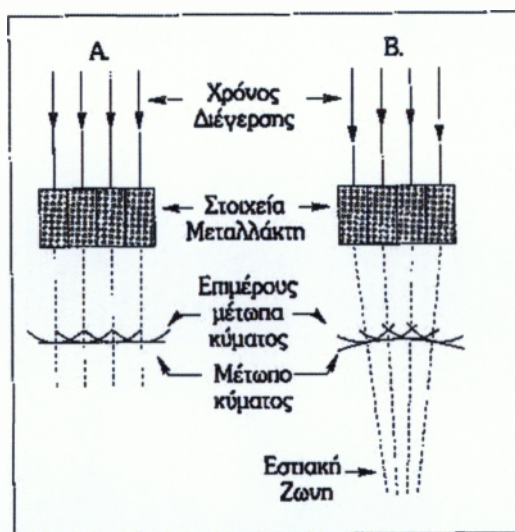


Σχήμα 12.6 Εσωτερική Εστίαση

B) Ηλεκτρονική εστίαση (electronic focusing).

Η τεχνική της ηλεκτρονικής εστίασης παρουσιάζεται στο σχήμα 12.7. Όπως φαίνεται στο σχήμα με την ταυτόχρονη διέγερση όλων των κρυστάλλων δημιουργείται ένα ενιαίο μέτωπο δέσμης(αρχή του Huygens). Με την κατάλληλη επιλογή των χρονικών καθυστερήσεων(time delays) των διεγέρσεων είναι δυνατόν να περιοριστεί η εστιακή περιοχή μόνο κατά το πλάτος της. Έτσι, για να καθοριστεί τόσο η θέση όσο και οι διαστάσεις της εστιακής ζώνης, είναι απαραίτητο να εφαρμοσθεί τόσο η ηλεκτρονική όσο και η εσωτερική εστίαση. Τα απλά γραμμικά συστήματα, αν και η κατασκευή τους δεν είναι ιδιαίτερα περίπλοκη, παρουσιάζουν μερικά ενδεικτικά προβλήματα:

- Παρουσίαση σε μεγάλο βαθμό της λεγόμενης «απόκρισης εκτός άξονα». Οι πλευρικοί και οι λοβοί τύπου φράκτη υποβαθμίζουν την ποιότητα της εικόνας ελατώνοντας την αντίθεση(contrast) και δημιουργώντας έτσι «εικόνες φαντάσματα», δηλαδή δευτερεύουσες εικόνες «ενός αντικειμένου» που απεικονίζονται μετατοπισμένες σε σχέση με την κανονική εικόνα που σχηματίζεται από την κύρια δέσμη.
- Επίσης οι γραμμικές διατάξεις λόγω του μεγάλου μήκους τους, δεν ακολουθούν πάντα την καμπυλότητα του ανθρώπινου σώματος. Υπάρχουν όμως ηχοβολείς με κυρτή επιφάνεια που ξεπερνούν αυτό το πρόβλημα.



Σχ. 12.7 Ηλεκτρονική εστίαση

2) Φασικά συστήματα γραμμικής διάταξης(steered or Phased linear array).

Με ένα φασικό γραμμικό μετατροπέα μπορεί να επιτευχθεί η σάρωση μιας περιοχής ενδιαφέροντος σχήματος κυκλικού τομέα, χωρίς καμιά κίνηση των πιεζοηλεκτρικών κρυστάλλων κατά τη διάρκεια της σάρωσης και αυτό επειδή η υπερηχητική δέσμη σαρώνει την περιοχή ενδιαφέροντος με διαρκή ηλεκτρονική εστίαση και κατεύθυνση.

Περιγράφοντας τις απλές γραμμικές διατάξεις, έγινε κατανοητό ότι η υπερηχητική δέσμη που παράγεται από μια ομάδα μετατροπέων, μπορεί να εστιαστεί επιλέγοντας απλώς τους κατάλληλους χρόνους καθυστέρησης για τη διέγερση αυτών. Με παρόμοιο τρόπο λειτουργούν και οι φασικές γραμμικές διατάξεις, με τη διαφορά ότι εδώ οι κρύσταλλοι διεγείρονται στο σύνολό τους και όχι κατά ομάδες. Με την παρεμβολή

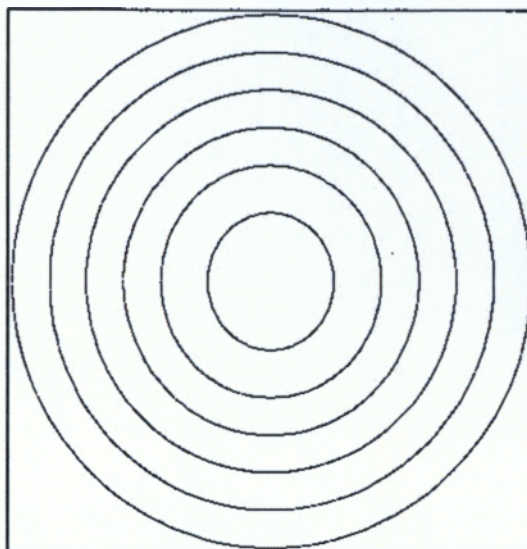
χρονικών καθυστερήσεων στη διέγερση των κρυστάλλων, τα υπερηχητικά κύματα τα οποία εκπέμπονται παρουσιάζουν διαφορά φάσης(phase)μεταξύ τους. Λόγω αυτής της διαφοράς φάσης, δημιουργούνται φαινόμενα συστολής, τα οποία υποχρεώνουν τις υπερηχητικές δέσμες να εστιαστούν σε μια συγκεκριμένη περιοχή.

Δυναμική εστίαση: Η ιδιότητα των συστημάτων καθυστέρησης φάσης να μεταβάλλουν το σημείο εστίασης της δέσμης βρίσκει την τέλεια εφαρμογή της στη λεγόμενη δυναμική εστίαση(Dynamic Focusing). Πιο συγκεκριμένα, η τεχνική αυτή συνίσταται στην εφαρμογή χρονικών καθυστερήσεων κατά τη λήψη των υπερηχητικών κυμάτων. Για τη λήψη του συνολικού ηχητικού κύματος που προέρχεται από μια ανατομική δομή, γίνεται άθροιση των σημάτων που λαμβάνονται από όλα τα πιεζοηλεκτρικά στοιχεία της διάταξης.

Με τις καθυστερήσεις αυτές, «υποχρεώνουν» το μετατροπέα να είναι πιο ευαίσθητος σε ανακλάσεις που γυρίζουν με την ίδια διαδρομή με την οποία εκπέμφθηκε η δέσμη. Με την τεχνική αυτή επιτυγχάνεται στην πράξη αύξηση της εστιακής περιοχής, έτσι ώστε το μεγαλύτερο μέρος της εικόνας να σχηματίζεται με εστιασμένη δέσμη. Ορισμένα πλεονεκτήματα των φασικών γραμμικών συστημάτων είναι, η επίτευξη υψηλών ρυθμών επανάληψης παλμών(PRR), η απεικόνιση μεγάλης περιοχής ενδιαφέροντος από πολύ μικρά ανατομικά ακουστικά παράθυρα, δηλ. μικρή επιφάνεια διείσδυσης της δέσμης και η δυνατότητα δυναμικής εστίασης αλλά και μειονεκτήματα όπως το υψηλό κόστος του συστήματος καθώς και η δημιουργία πλευρικών και λοβών τύπου φράκτη.

3)Διατάξεις Δακτυλίων(Annular Arrays)

Σε αυτές τις διατάξεις οι πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι έχουν τη μορφή ομόκεντρων δακτυλίων με βαθμιαία αυξανόμενη διάμετρο(βλ.σχ.12.8).



Σχ. 12.8 Ομόκεντρη διάταξη πιεζοηλεκτρικών κρυστάλλων.

Στις διατάξεις αυτές η εστίαση της δέσμης γίνεται ισότροπα από όλες τις πλευρές της. Αυτό οφείλεται στο κυκλικό σχήμα της επιφάνειας εκτομής. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν τη δυναμική εστίαση προκειμένου να βελτιώσουν το βάθος εστίασης σε σχέση με έναν μόνο κυκλικό πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο. Οι ομόκεντρες διατάξεις, αν και φασικές, παρέχουν δυνατότητα ομοιόμορφης εστίασης στο χώρο, δεν επιτρέπουν όμως τον έλεγχο της κατεύθυνσης της δέσμης, ο οποίος επιτυγχάνεται τοποθετώντας ταλαντούμενο ακουστικό κάτοπτρο σε ταλαντωτική κίνηση μπροστά από την ομόκεντρη διάταξη. Πρέπει να σημειωθεί ότι η δέσμη μετά την ανάκλαση της από το ακουστικό κάτοπτρο, διέρχεται από ένα υγρό πριν την έξοδό της προς το σώμα του ασθενούς. Το υγρό παρεμβάλλεται για να συντελέσει στην ομαλή «μετάβαση» όλης της υπερηχητικής ενέργειας στο σώμα του ασθενούς.

12.4 Υπερηχογραφικά συστήματα ειδικών εφαρμογών

Έχοντας ήδη περιγράψει τις βασικές μεθόδους δημιουργίας εικόνας με υπέρηχους, κρίνεται σκόπιμο να γίνει και μια σύντομη αναφορά σε άλλες μεθόδους που βρίσκουν ή έβρισκαν εφαρμογή στην επίλυση ειδικών διαγνωστικών προβλημάτων.

Απεικονιστές μικρών δομών (small part imagers). Δημιουργήθηκαν για να ικανοποιήσουν την ανάγκη για εικόνες υψηλής διακριτικής ικανότητας επιφανειακών

κυρίως δομών, όπως π.χ. εντοπισμένη παθολογία σε όργανα όπως ο θυρεοειδής, καθώς και για την απεικόνιση αρωματικών πλακών στην καρωτίδα.

Υπερηχογραφικά συστήματα μπάνιου. Αποτελεί είδος εξειδικευμένης εφαρμογής διαγνωστικών υπερήχων με αντικείμενο τη διερεύνηση του μαστού με τη χρησιμοποίηση υπερηχητικής δέσμης σε συνδυασμό με υδατόλουτρο.

Ενδοκοιλιοτικοί μετατροπείς. Αυτοί οι μετατροπείς χρησιμοποιούν τις διάφορες κοιλότητες του σώματος, προκειμένου να προσεγγίσουν περισσότερο τα υπό εξέταση όργανα και έτσι να επιτευχθούν εικόνες καλύτερης διακριτικής ικανότητας(χρησιμοποιούνται υψηλότερες συχνότητες).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ

- 13.1 Γενικά**
- 13.2 Παραγωγή και λήψη Υπερήχων-Μετατροπείς**
- 13.3 Προσαρμογή Τέταρτου κύματος**
- 13.4 Εστίαση της δέσμης**
- 13.5 Υλικό υποστήριξης**
- 13.6 Κάλυμα**
- 13.7 Ακουστικό παράθυρο**
- 13.8 Ηλεκτρικός συντονιστής**
- 13.9 Πορεία-Επεξεργασία σήματος**
- 13.10 Πομπός παλμών**
- 13.11 Παλμός ρολογιού**
- 13.12 Γραμμικός ενισχυτής ραδιοσυχνότητας**
- 13.13 Χρονικά αντισταθμιζόμενη ενίσχυση**
- 13.14 Επεξεργαστής σήματος**
- 13.15 Στάδια επεξεργασίας σήματος**
 - 13.15.1 Συμπύεση**
 - 13.15.2 Αποδιαμόρφωση**
 - 13.15.3 Προ-Μετ-επεξεργασία σήματος**
- 13.16 Μονάδες παρουσίασης εικόνων**
- 13.17 Α-Παλμογράφοι καθοδικών ακτίνων**
- 13.18 Μετατροπείς σάρωσης**
- 13.19 Φίλτρα**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ

13.1 Γενικά

Οι δυνατότητες που προσφέρει η απεικόνιση με υπερήχους σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος και το χαμηλό επίπεδο κινδύνου για τον εξεταζόμενο, οδήγησαν τα τελευταία 25-30 χρόνια τους ερευνητές, σε μια διαρκή προσπάθεια τεχνολογικής αναζήτησης και ανάπτυξης, με στόχο τη διαρκή προσπάθεια τεχνολογικής αναζήτησης και ανάπτυξης, με στόχο τη δημιουργία συστημάτων που θα μπορούσαν να εκμεταλλευτούν κατά τον καλύτερο τρόπο τις δυνατότητες που προσφέρουν οι εξετάσεις με Υπερήχους. Σκοπός του κεφαλαίου είναι η περιγραφή των βασικότερων ηλεκτρολογικών και μηχανικών διατάξεων που είτε παράγουν, είτε ανιχνεύουν, είτε διαμορφώνουν το ηχητικό σήμα σε ορατή εικόνα.

13.2 Παραγωγή και Λήψη Υπερήχων

Ο μετατροπέας είναι, ίσως, η πιο σημαντική συνιστώσα ενός υπερηχητικού συστήματος. Η λειτουργία του, όπως έχει ήδη αναφερθεί, συνίσταται στο να μετατρέπει τους εφαρμοζόμενους ηλεκτρικούς παλμούς σε κύματα πίεσης(τα οποία μεταδίδονται στο υλικό μέσο), καθώς επίσης και να αναπαράγει το «ηλεκτρικό αντίτυπο»(= διαφορά δυναμικού) οποιουδήποτε λαμβανόμενου ηχητικού κύματος. Ένας άρτια σχεδιασμένος μετατροπέας(βλ. ενότητα 8.2) επιτελεί την παραπάνω λειτουργία με υψηλή πιστότητα και μεγάλη αποδοτικότητα μετατροπής(conversion efficiency), καθώς και με την ελάχιστη δυνατή παραγωγή θορύβου.

13.3 Προσαρμογή τέταρτου κύματος (Quarter wave matching)

Έχοντας αναφερθεί στην απορρόφηση, την ανάκλαση και την ακουστική εμπέδηση, ας αναθεωρήσουμε το μετατροπέα υπερήχων. Όταν ένας βραχύς ηλεκτρικός παλμός (shock) εφαρμοστεί στον πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο, παράγονται 4 υπερηχητικοί παλμοί, 2 για

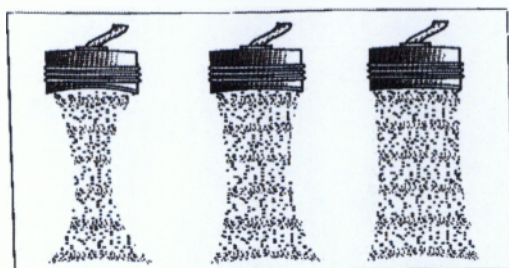
κάθε επιφάνεια του κρυστάλλου. Δύο παλμοί «ταξιδεύουν» μέσα στο backing block και ένας παλμός από μπροστά ταξιδεύει μέσα στους ιστούς του εξεταζόμενου. Έχει επίσης αναφερθεί πως η ακουστική εμπίδηση(Z) του backing block συνδυάζεται(προσαρμόζεται) με την αντίστοιχη του κρυστάλλου, έτσι ώστε ο ήχος που κατευθύνεται μακριά (απομακρύνεται)από τον ασθενή θα μεταβιβαστεί μέσα-και θα απορροφήσει από το backing block.

Μια άλλη σημαντική θεώρηση είναι η μεταβίβαση του υπερηχητικού κύματος μέσα στον ασθενή με (την)ελάχιστη απώλεια ενέργειας. Η χρήση μεταλλικού ελαίου(mineral oil)-ζελέ- μεταξύ του μετατροπέα και του δέρματος του εξεταζόμενου, παίζει σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματική μεταβίβαση ενέργειας από τον κρύσταλλο στον εξεταζόμενο.

Μια άλλη μέθοδος βελτίωσης της ενεργειακής αυτής μεταφοράς, είναι αυτή της μηχανικής προσαρμογής εμπίδωσης(mechanical impedance matching). Αν ένα υλικό(καλούμενο «matching layer»=επίστρωση προσαρμογής) κατάλληλου πάχους και χαρακτηριστικής εμπίδωσης, τοποθετηθεί στην μπροστινή επιφάνεια του μετατροπέα, η ενέργεια μεταβιβάζεται στον εξεταζόμενο πιο αποτελεσματικά. Η χρήση της επίστρωσης προσαρμογής μπορεί να βελτιώσει τη μεταβίβαση των υπερηχητικών παλμών που επιστρέφουν από τους ιστούς στο μετατροπέα. Στην πράξη η προσαρμογή τέταρτου κύματος δεν είναι δυνατόν να εφαρμόζεται ακριβώς λόγω του κυρτού που δίνεται στις επιφάνειες για λόγους εστίασης της δέσμης(ακουστικοί φακοί).

13.4 Εστίαση της δέσμης (Beam focusing)

Η μορφή του κρυστάλλου είναι αυτή που ελέγχει την εστίαση της δέσμης. Πιο συγκεκριμένα, όπως φαίνεται και στο σχήμα 13.1 οι κρύσταλλοι με επίπεδη όψη παράγουν δέσμη με σχετικά μεγάλο εύρος. Καθώς η όψη του μετατροπέα παίρνει μια πιο κοίλη μορφή, το εύρος της δέσμης γίνεται όλο και πιο μικρό μέχρι ένα ορισμένο σημείο(εστιασμός δέσμης). Αυτού του είδους η εστίαση που επιτυγχάνεται με τη διαμόρφωση του κρυστάλλου, καλείτε εσωτερική εστίαση(internal focusing).



Σχ.13.2 Εσωτερική εστίαση με διαμόρφωση της επιφάνειας εκπομπής του κρυστάλλου.

Μια άλλη τεχνική εστίασης της δέσμης είναι αυτή που επιτυγχάνεται με την προσθήκη ειδικών ακουστικών φακών. Αυτοί οι φακοί μπορούν να τοποθετηθούν οπουδήποτε στην πορεία της δέσμης αλλά συνήθως ενσωματώνονται στη κεφαλή. Οι φακοί είναι δυνατόν να κατασκευαστούν έτσι ώστε να μην εστιάζουν αλλά να αποεστιάζουν τη δέσμη(defocusing), δηλ. να τη διευρύνουν.

Οι ακουστικοί φακοί μπορούν να κατασκευαστούν από πολυεστέρα, νάιλον, από άλλες πλαστικές ύλες(epoxy, silicone rubber), καθώς και από αλουμίνιο. Οι ακουστικοί φακοί, εκμεταλλεύονται το φαινόμενο της διάθλασης προκειμένου να «αναγκάσουν» όλες τις επιμέρους ηχητικές δέσμες, που προέρχονται από έναν πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο να κατευθυνθούν και να εστιάσουν σε ένα σημείο.

Η ταχύτητα διάδοσης του ήχου μέσα στο πλαστικό υλικό του φακού, είναι αρκετά μεγαλύτερη από την αντίστοιχη ταχύτητα στον αέρα, το νερό και τους μαλακούς ιστούς. Σύμφωνα λοιπόν με το νόμο του Snell, τα κύματα κατά την πρόσπτωσή τους στη διαχωριστική επιφάνεια φακών-ιστών(ή αέρα) υφίστανται μιαν απόκλιση από την αρχική τους διεύθυνση. Έτσι, στον ακουστικό φακό δίδεται κατάλληλο σχήμα ώστε τελικά οι νέες διευθύνσεις τους να συγκλίνουν. Στο σημείο, στο οποίο η εγκάρσια διάσπαση (διάμετρος)της ηχητικής δέσμης ελαχιστοποιείται, θεωρούμε ένα νοητό επίπεδο κάθετο στον κεντρικό άξονα της δέσμης. Το επίπεδο αυτό ονομάζεται εστιακό επίπεδο(focal plane). Εάν η ελάχιστη διάμετρος της δέσμης είναι d , τότε η περιοχή της δέσμης εντός της οποίας η διάμετρος είναι μικρότερη από $2d$, ονομάζεται εστιακή περιοχή(focal range).

13.5 Υλικό υποστήριξης (Backing material)

Οι δονήσεις του πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου συνεχίζονται και μετά την παύση του ηλεκτρικού παλμού. Όμως, για την απεικόνιση, με συστήματα pulse-echo, είναι απαραίτητη οι σύντομοι παλμοί($Q=2-4$) προκειμένου να καταστεί δυνατή η ανίχνευση όλων των επιστρεφόμενων ανακλάσεων.

Η απαραίτητη, για την απεικόνιση, μηχανική υποβάθμιση του Qf επιτυγχάνεται εν μέρει από την προσαρμογή τέταρτου κύματος, αλλά κυρίως από την κατάλληλη επιλογή – από πλευρά κατασκευαστεί- του υλικού υποστήριξης(η επιλογή γίνεται αναφορικά με την εμπίεση Z του υλικού). Το Z του υλικού υποστήριξης επιλέγεται έτσι ώστε να είναι παραπλήσιο του Z του πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου. Η επιλογή βασίζεται σε ένα συμβιβασμό μεταξύ φάσματος συχνοτήτων(bandwidth) ευαισθησίας(sensitivity).

Επίσης τα υπερηχητικά κύματα που εισέρχονται στο υλικό υποστήριξης πρέπει να απορροφώνται και όχι να ανακλώνται και πάλι προς την πλευρά του πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου.

13.6 Κάλυμμα (Casing)

Αυτό παρέχει δομική υποστήριξη στα εσωτερικά εξαρτήματα καθώς και μηχανική προστασία αυτών, έτσι ώστε η κεφαλή να μπορεί να αντέχει ακόμη και σε σκληρή χρήση.

Το κάλυμμα πρέπει να είναι ηλεκτρικά προστατευμένο και ακουστικά μονωμένο(αλλιώς η δυναμική περιοχή –dynamic range-μειώνεται εξαιτίας ακουστικών ή ηλεκτρικών παρεμβολών). Έτσι χρησιμοποιείται είτε πλαστικό είτε ακόμη και μεταλλικό κάλυμμα με το συνδυασμό κατάλληλων προστατευτικών στρωμάτων.

13.7 Ακουστικό παράθυρο

Η ηχητική δέσμη εξέρχεται από την κεφαλή μέσω του λεγόμενου ακουστικού παραθύρου. Πρόκειται για ένα τμήμα του πρόσθιου μέρους της κεφαλής, που είναι κατασκευασμένο από ηχοδιαπερατό υλικό (μεμβράνη). Η επιλογή της μεμβράνης είναι σημαντική όσον αφορά την ποιότητα της διαγνωστικής εικόνας, μια και η μεμβράνη ως υλικό αλληλεπιδρά με την ηχητική δέσμη(=εξασθένηση δέσμης). Γι' αυτό το λόγο οι

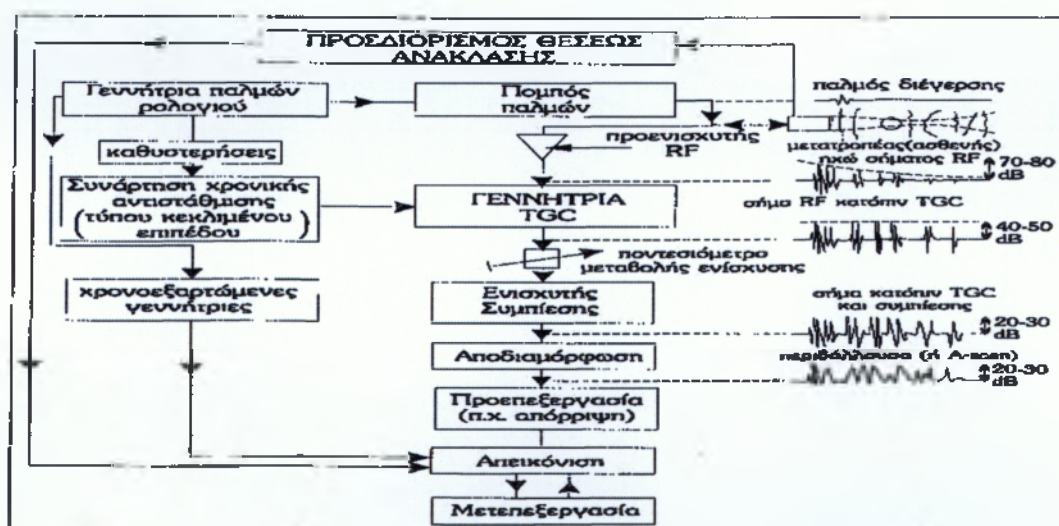
κατασκευάστριες εταιρείες χρησιμοποιούν μεμβράνες με φυσικές ιδιότητες παρεμφερείς με αυτές των ιστών.

13.8 Ηλεκτρικός συντονιστής (Electrical tuning)

Αυτός χρησιμοποιείται προκειμένου ν' απορρίπτει τα χαμηλότερης συχνότητα ηχητικά κύματα που προέρχονται από την ακτινική(radial)δόνηση του κρυστάλλου, καθώς επίσης και την προσαρμογή του ηλεκτρικού Q_f για την επίτευξη ενός «συμβιβασμού» μεταξύ ευαισθησίας και διακριτικής ικανότητας.

13.9 Πορεία – Επεξεργασία σήματος

Το σχήμα 13.2 απεικονίζει μια γενικευμένη μορφή της πορείας που ακολουθεί καθώς και της επεξεργασίας που υφίσταται το σήμα, από την στιγμή της λήψης του σαν διαφορά δυναμικού, μέχρι και την οπτική απεικόνιση. Απεικονίζεται επίσης η μορφή του σήματος όπως αυτή προκύπτει μετά από κάθε στάδιο επεξεργασίας.



Σχ. 13.2

Πορεία επεξεργασίας σήματος

13.10 Πομπός παλμών (Transmitter pulser)

Ο στιγμιαίος υπερηχητικός παλμός, ο οποίος εξέρχεται από το μετατροπέα, δεν έχει γενικά, διάρκεια πάνω από $n=3-4$ κύκλους και δημιουργείται από την εφαρμογή ενός στιγμιαίου ηλεκτρικού παλμού ή ενός ημιτονοειδούς ηλεκτρικού παλμού(sinewave) με συχνότητα ίση με την ιδιοσυχνότητα του κρυστάλλου. Πάντως, το ηλεκτρικό ερέθισμα, όποιας μορφής και αν είναι, δημιουργείται από τον πομπό παλμών.

Ο ηλεκτρικός παλμός(διαφορά δυναμικού)που συνήθως εφαρμόζεται στον πιεζ/κό κρύσταλλο είναι κάτω από 500 volt και συχνότερα μεταξύ 100-200volt. Η μορφή του παλμού εξαρτάται κυρίως από το είδος και την ποιότητα των εξαρτημάτων, τα οποία και πρέπει να πληρούν ορισμένες προϋποθέσεις, όπως π.χ. για την παραγωγή ηχητικών παλμών συχνοτήτων μέχρι και 10MHZ, ο χρόνος ανύψωσης του ηλεκτρικού παλμού πρέπει να είναι μικρότερος από 25 nsec.

13.11 Παλμός ρολογιού (Clock pulse)

Αυτή ηλεκτρονική διάταξη «δίνει» την «εντολή» στον πομπό παλμών για την έναρξη του παλμού, ενώ καθορίζει και το ρυθμό των παλμών στη μονάδα του χρόνου. Άμεση απόρροια της εκπομπής ενός ηχητικού παλμού είναι η επιστροφή ενός «συνόλου» ανακλώμενων κυμάτων, που παρέχουν τις απαραίτητες πληροφορίες για το σχηματισμό μιας «γραμμής απεικόνισης»(image line). Υψηλός ρυθμός επαναλήψεων των παλμών είναι επιθυμητός για τη γρήγορη σάρωση ή για την απεικόνιση κινούμενων δομών. Αν ο ρυθμός επανάληψης υπερβεί κάποιο όριο, τότε το σύστημα καθίσταται ανίκανο να διαχωρίσει τις ανακλάσεις που προέρχονται από τα μεγάλα βάθη και αφορούν τον προηγούμενο παλμό, από τις ανακλάσεις που προέρχονται από τις επιφανειακές δομές και αφορούν τον επόμενο παλμό. Τυπικά για την απεικόνιση των κοιλιακών οργάνων, ο PRR_{max} (μέγιστος αριθμός επαναλήψεων-pulse repetition rate) είναι περίπου 1KHZ(1000 παλμοί/sec).

13.12 Γραμμικός ενισχυτής ραδιοσυχνότητας (Linear RF Amplifier)

Ο ρόλος του είναι να παρέχει μια αρχική προενίσχυση του ασθενούς ηλεκτρικού σήματος(πλάτος mVolt ή μ Volt) που εξέρχεται από το μετατροπέα. Ο προενισχυτής,

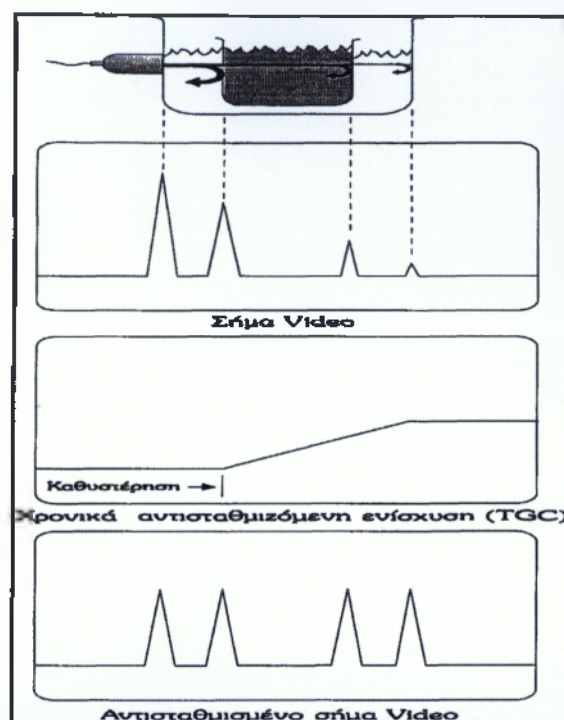
συνήθως, βρίσκεται στο εσωτερικό της κεφαλής. Εκτός της ενίσχυσης, ο γραμμικός ενισχυτής συμβάλλει και στην προσαρμογή εμπέδωσης, δηλαδή η ηλεκτρική του εμπέδωση έχει μια ενδιάμεση τιμή μεταξύ της εμπέδωσης του μεταλλάκτη και της εμπέδωσης των υπόλοιπων διατάξεων. Κατ' αυτόν τον τρόπο αποφεύγονται απώλειες ή παραμορφώσεις στο ηλεκτρικό σήμα.

Ο γραμμικός ενισχυτής είναι ένα σημαντικό εξάρτημα, καθώς ο θόρυβος που δημιουργείται σ' αυτό το σημείο κάλλιστα μπορεί να περιορίσει τη συνολική αποδοτικότητα του συστήματος. Απαιτείται λοιπόν ένας πολύ προσεκτικός σχεδιασμός του συγκεκριμένου εξαρτήματος, μια και όχι μόνο πρέπει να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα ο θόρυβος και σε υψηλά επίπεδα η ενίσχυση του σήματος, αλλά ταυτόχρονα η είσοδος του ενισχυτή πρέπει να προστατεύεται από τις υψηλές τάσεις που παράγονται στον πομπό παλμών.

13.13 Χρονικά αντισταθμιζόμενη ενίσχυση (Time compensation gain – tag)

Αυτή προκαλεί μια διαφοροποιημένη ενίσχυση στα σήματα ανάλογα με το χρόνο άφιξής τους. Δηλαδή, όσο πιο καθυστερημένο φθάνει ένα σήμα στο μεταλλάκτη τόσο περισσότερο ενισχύεται. Ο σκοπός αυτής της ενίσχυσης είναι ν' αντισταθμιστεί η εξασθένιση του σήματος. Όσο πιο αργά φθάνει ένα σήμα στο δέκτη(=μεταλλάκτης), τόσο μεγαλύτερο είναι το βάθος από το οποίο προέρχεται. Ως εκ τούτου, θα έχει διανύσει και μεγαλύτερη απόσταση με αποτέλεσμα να έχει υποστεί και μεγαλύτερη εξασθένιση. Έτσι, δύο ίδιας υφής δομές θα δίνουν διαφορετική ένταση ανακλάσεως ανάλογα με το βάθος στο οποίο κάθε μία βρίσκεται.

Μια τέτοιου είδους ενίσχυση παρουσιάζεται στο σχήμα 13.3, όπου διακρίνεται η λεγόμενη αρχική στάθμη ενίσχυσης(starting level), η περιοχή καθυστέρησης(delay) στην οποία σε όλα τα σήματα εφαρμόζεται η πραγματικά αντισταθμιζόμενη ενίσχυση.



Σχ.13.3 Χρονικά Αντισταθμιζόμενη Ενίσχυση

Ο οριζόντιος άξονας είναι βαθμονομημένος σε εκατοστά αντί για χρόνο. Οι αποστάσεις σε εκατοστά, αντιστοιχούν σε αποστάσεις από την επιφάνεια του δέρματος από όπου προέρχονται τα διάφορα ηχητικά σήματα. Η κλίση και η ένταση του TAG μπορεί να προσαρμοστεί ανάλογα με τις ανάγκες της εξέτασης. Επίσης, η χρονική διάρκεια καθυστέρησης είναι συχνά μεταβαλλόμενη, έτσι ώστε η χρονική προσαρμογή της ενίσχυσης να μην γίνεται πριν αρχίσουν να επιστρέφουν οι ανακλάσεις από την περιοχή που εξετάζεται(π.χ. για δομή πίσω από γεμάτη κύστη).

13.14 Επεξεργαστής σήματος (Signal processor)

Μετά τη χρονικά αντισταθμιζόμενη ενίσχυση ακολουθούν μια σειρά διατάξεων επεξεργασίας σήματος που, με ένα όνομα, ονομάζονται επεξεργαστής σήματος.

Τα λαμβανόμενα σήματα έχουν υψηλές συχνότητες που αντιστοιχούν στην περιοχή των ραδιοκυμάτων του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Για το λόγο αυτό, παρότι δεν πρόκειται για ηλεκτρομαγνητικά υλικά αλλά για ηχητικά κύματα, ονομάζονται κύματα ραδιοσυχνότητας(RF-signals). Τα σήματα αυτά υφίστανται μια επεξεργασία πριν την απεικόνισή τους, έτσι ώστε να είναι καλύτερα αντιληπτά από το ανθρώπινο μάτι. Μέρος

της επεξεργασίας αυτής έχει σαν στόχο να καταστούν τα σήματα συμβατά με τις τεχνικές δυνατότητες των συστημάτων παρουσίασης εικόνας(οθόνες). Παρακάτω αναφέρονται ορισμένα από τα πιο σημαντικά στάδια από τα οποία περνάει το σήμα.

13.15 Στάδια επεξεργασίας σήματος

13.15.1 Συμπίεση (Compression)

Αυτό το στάδιο επεξεργασίας επιτελείται στο λεγόμενο ενισχυτή συμπίεσης(compression amplifier). Στον ενισχυτή αυτόν, εφαρμόζεται μια ενίσχυση που αυξομειώνεται σε σχέση με την ένταση του εισερχόμενου σήματος. Πιο συγκεκριμένα, ενισχύονται περισσότερο τα ασθενή σήματα που προέρχονται από μεγάλα βάθη.

Στόχος δηλαδή αυτής της επεξεργασίας είναι η ελάττωση της έντασης των αυξομειώσεων του σήματος. Για να κατανοηθεί ο ρόλος της συμπίεσης, θα πρέπει να γίνει αναφορά σε ένα τεχνικό χαρακτηριστικό της οθόνης στην οποία παρουσιάζονται οι εικόνες. Πρόκειται για τη δυναμική περιοχή(dynamic range-DR). Η δυναμική περιοχή εκφράζει το εύρος των διαφορετικών τιμών έντασης που είναι δυνατό να παρουσιασθούν(σε αποχρώσεις του γκρι) στην οθόνη. Ορίζεται ως το πηλίκο του πλάτους του μέγιστου σήματος προς το πλάτος του ελάχιστου σήματος και εκφράζεται σε decibel.

13.15.2 Αποδιαμόρφωση (Demodulation)

Μετά τη συμπίεση ακολουθεί η ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ του σήματος όπου λαμβάνεται η περιβάλλουσα(envelope)του σήματος συχνότητα. Με αυτόν τον τρόπο οι υψηλές συχνότητες(που κυρίως αντιστοιχούν σε θόρυβο) απορρίπτονται και παραμένουν οι χαμηλές συχνότητες (καθαρές ανακλάσεις-σκεδάσεις). Σε ορισμένες περιπτώσεις εφαρμόζονται μερικές πρόσθετες διαδικασίες βελτίωσης της μορφής του σήματος(επιτονισμός κορυφών-edge enhacement). Το σήμα που εξέρχεται μετά τη διαδικασία της αποδιαμόρφωσης ονομάζεται σήμα Α-τρόπου(A-mode signal). Η όλη διαδικασία της αποδιαμόρφωσης συνήθως ακολουθεί μετά από μια πλήρη ή ημίσεως κύματος ανόρθωση.

Το σήμα Α-τρόπου χαρακτηρίζεται από χαμηλές συχνότητες. Οι συχνότητες αυτές αντιστοιχούν στην περιοχή των συχνοτήτων Video. Συχνά μάλιστα χρησιμοποιείται ο όρος σήμα Video(Video signal). Το σήμα αυτό έχει ανάγκη από περαιτέρω ενίσχυση και γι' αυτό διοχετεύεται σε κατάλληλο ενισχυτή που ονομάζεται ενισχυτής Video(Video amplifier). Συχνά χρησιμοποιούνται λογαριθμικοί ενισχυτές(παρέχουν ενισχυμένο σήμα ανάλογο με του λογάριθμου του αρχικού σήματος).

13.15.3 Προεπεξεργασία – Μετεπεξεργασία σήματος (Pro and post processing)

Είναι σύνηθες το A-mode signal να υπόκειται σε μια επεξεργασία πριν και μετά την αποθήκευση του στη μνήμη απεικόνισης(display memory). Η προεπεξεργασία στα αποθηκευμένα σήματα έγκειται σε διάφορες διαδικασίες, όπως διάφοροι μέθοδοι εντοπισμού κορυφών(edge detection).

Ο επιτονισμός κορυφών, καθώς και διάφορες ρυθμίσεις στα χαρακτηριστικά της ενίσχυσης, όπως η απόρριψη (rejection ή suppression), η οποία συνιστά έναν περιορισμό της δυναμικής περιοχής, απορρίπτοντας από τις απεικονιζόμενες ανακλάσεις αυτές που βρίσκονται κάτω από ένα καθορισμένο κατώφλι(απόρριψη θορύβου-noise suppression).

Στα μοντέρνα μηχανήματα, ο όρος suppression δε χρησιμοποιείται, αλλά τα ίδια αποτελέσματα μπορεί να επιτευχθούν μέσα από άλλες διαδικασίες που συνήθως αφορούν ρυθμίσεις της δυναμικής περιοχής. Αυτές οι διαμορφώσεις της δυναμικής περιοχής είναι αμφίβολης αξίας και ωφέλειας, λόγω της παρουσίας μεγάλων διακυμάνσεων στις αποχρώσεις του γκρι που προκαλούνται από το φαινόμενο speckle. Αυτό το φαινόμενο καθιστά δύσκολη την εκτίμηση των λεπτών διαφορών στις αποχρώσεις του γκρι, καθώς επίσης διακόπτει και τη «συνέχεια» στο χρωματισμό δομών που, υπό άλλες προϋποθέσεις, θα ήταν ομοιόμορφες και μικρής δυναμικής περιοχής.

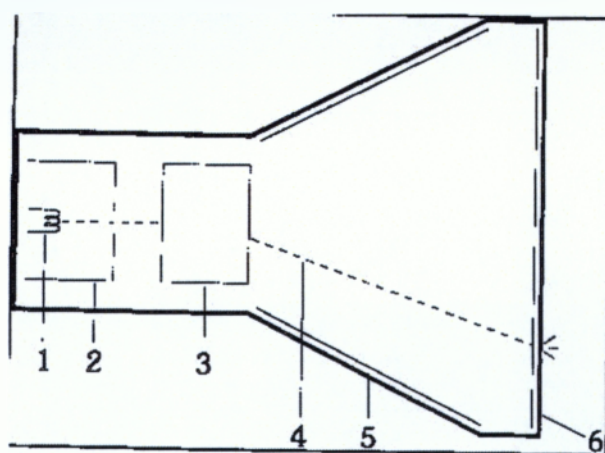
Αναφορικά με την επεξεργασία της εικόνας μετά την αποθήκευσή της στη μνήμη απεικόνισης, τα σύγχρονα μηχανήματα διαθέτουν προγράμματα τα οποία διαμορφώνουν την ποιότητα της εικόνας εφαρμόζοντας διάφορα φίλτρα, τα οποία ορίζουν το πλήθος των αποχρώσεων του γκρι σε αυτήν ανάλογα με την υφή των ευρημάτων και των περιοχών ενδιαφέροντος.

13.16 Μονάδες παρουσίασης εικόνων (Display units)

Καθώς η υπερηχητική δέσμη «σαρώνει» σε όλη του την έκταση το εξεταζόμενο όργανο, μια ακολουθία σημάτων Α-τρόπου παράγεται. Οι μέθοδοι σάρωσης, καθώς και οι εικόνες που κάθε μια παράγει έχουν ήδη αναφερθεί. Καθώς οι διαδοχικές σαρώσεις υπό μορφή ηλεκτρικού σήματος φθάνουν διαρκώς, δημιουργείται η ανάγκη ν' αποθηκευτούν και να ανακατασκευαστούν γεωμετρικά, προκειμένου να δημιουργήσουν μια εικόνα. Τόσο για τη δημιουργία όσο και για την παρουσίαση των εικόνων, αναπτύχθηκαν διάφορα τεχνολογικά επιτεύγματα, ξεκινώντας από τον πιο απλό τρόπο απεικόνισης-την οθόνη ενός συμβατικού παλμογράφου- και φθάνοντας στην οθόνη τηλεόρασης και στους μετατροπείς σάρωσης(αναλογικά-ψηφιακά).

13.17 Παλμογράφοι καθοδικών ακτινών (Oscilloscopes)

Αυτοί αποτελούσαν τον αρχικό τρόπο παρουσίασης εικόνας στην υπερηχοτομογραφία και χρησιμοποιούνταν κυρίως για την απεικόνιση σημάτων Α-τρόπου ή για την προσαρμογή σε αυτούς φωτογραφικών διατάξεων. Η βασική δομή ενός παλμογράφου φαίνεται στο σχήμα 13.4



Σχ.13.4 Παλμογράφος

- 1)Πυροβόλο ηλεκτρονίων 2)Σύστημα Σχηματισμού και εστίαση της δέσμης 3)Σύστημα χαλάρωσης 4)Δέσμη ηλεκτρονίων 5)Ηλεκτρόδιο επιτάχυνση 6)Οθόνη

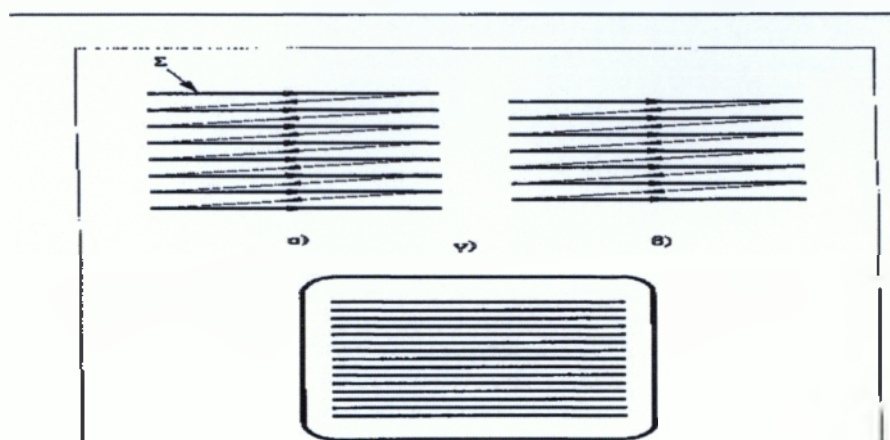
Οι βασικές συνιστώσες είναι:

1. Ένα πυροβόλο ηλεκτρονίων(electron gun). Δηλαδή μια διάταξη εκπομπής ηλεκτρονίων(κάποιο θερμαινόμενο μεταλλικό νήμα).
2. Ένα σύστημα σχηματισμού και εστίασης της ηλεκτρονικής δέσμης.
3. Ένα σύστημα επιτάχυνσης ηλεκτρονίων με τη βοήθεια θετικού ηλεκτροδίου(άνοδος).
4. Ένα σύστημα σάρωσης. Αυτό συνήθως αποτελείται από ένα ζεύγος κατακόρυφων και ένα ζεύγος οριζόντιων μεταλλικών πλακών. Οι πλάκες αυτές βρίσκονται σε κατάλληλο ηλεκτρικό δυναμικό έτσι ώστε να έλκουν ή να απωθούν τη δέσμη των ηλεκτρονίων. Με τις κατακόρυφες πλάκες επιτυγχάνεται οριζόντια σάρωση της δέσμης (πλάκες X), ενώ με τις οριζόντιες πλάκες επιτυγχάνεται κατακόρυφη σάρωση(πλάκες Y). Οι παλμογράφοι αυτού του τύπου χαρακτηρίζονται ως ηλεκτροστατικοί. Η σάρωση της δέσμης μπορεί να επιτευχθεί και με ηλεκτρομαγνήτες(ηλεκτρομαγνητικοί παλμογράφοι).
5. Μια οθόνη. Πρόκειται για μια υάλινη επιφάνεια η οποία στην εσωτερική της πλευρά φέρει φθορίζουσα επίστρωση. Η ηλεκτρονική δέσμη προσπίπτει στην επίστρωση αυτή, η οποία εκπέμπει φωτόνια φθορισμού. Στο σημείο πρόσπτωσης της δέσμης εμφανίζεται μια φωτεινή κηλίδα(συνήθως πράσινη). Βασικά χαρακτηριστικά μιας οθόνης είναι η διάμετρος της φωτεινής κηλίδας και οι δυνατές διαβαθμίσεις της φωτεινότητά της¹¹.

Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι παλμογράφων: 1) Οι συμβατικοί παλμογράφοι.2) Οι δισταθείς παλμογράφοι μνήμης και 3) Οι παλμογράφοι μεταβλητής διατήρησης μνήμης. Η βασική διαφοροποίηση των τριών αυτών τύπων συνίσταται στη διάρκεια παραμονής των κηλίδων και της εικόνας στην οθόνη. Διαφορές υπάρχουν επίσης ως προς τη διάμετρο των κηλίδων και τη δυναμική περιοχή.

Στα σύγχρονα συστήματα υπερηχογραφίας χρησιμοποιούνται οθόνες τηλεόρασης. Ο μηχανισμός λειτουργίας τους είναι παρόμοιος με του παλμογράφου(βλ. σχ.13.4). Μια βασική διαφορά μεταξύ τηλεόρασης και παλμογράφου είναι ο τρόπος σάρωσης της δέσμης. Η σάρωση αυτή ονομάζεται σάρωση Raster και παρουσιάζεται στο σχήμα 13.5. Η εικόνα είναι αποτέλεσμα της σάρωσης της δέσμης κατά μήκος οριζόντιων γραμμών.

Οι γραμμές αυτές ονομάζονται γραμμές σάρωσης(scan lines) και είναι, κατά βάση, 625. Πάντως σε ορισμένα σύγχρονα συστήματα οι γραμμές σάρωσης υπερβαίνουν τις 1000. Με την αύξηση των γραμμών βελτιώνεται η διακριτική ικανότητα μιας οθόνης.



Σχ.12.6 Σάρωση Raster

Σ: Γραμμές σάρωσης

A Σάρωση περιττών γραμμών

B Σάρωση άρτιων γραμμών

Γ Τελική εικόνα

Μια οθόνη τηλεόρασης παρουσιάζει 25 εικόνες ή στιγμιότυπα(frames) ανά δευτερόλεπτο(στις ΗΠΑ είναι 30 στιγμιότυπα ανά δευτερόλεπτο). Οι γραμμές σάρωσης δεν σαρώνονται διαδοχικά η μία μετά την άλλη αλλά με τον τρόπο που φαίνονται στο σχ. 12.6. Π.χ. πρώτα σαρώνονται οι γραμμές 1 3 5 7 κ. ο .κ. και στη συνέχεια οι γραμμές 2 4 6 8 κ. ο. κ.(ενδιάμεση σάρωση). Κατά αυτόν τον τρόπο σχηματίζονται δύο συμπληρωματικές εικόνες. Κάθε τέτοια εικόνα σχηματίζεται σε χρόνο 1/50 sec. Συνεπώς μια ολοκληρωμένη εικόνα θα είναι έτοιμη μετά από 1/25 sec. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται το flicker(παίξιμο της οθόνης)στις δυναμικές απεικονίσεις.

¹¹ Δηλ. η δυναμική περιοχή της οθόνης σε dB είναι: $DR=20 \log(B2/B1)$, όπου B1 η ελάχιστη και B2 η μέγιστη τιμή φωτεινότητας που μπορεί να έχει μια κηλίδα στην οθόνη.

13.18 Μετατροπείς σάρωσης

Υπάρχουν δύο γενικοί τύποι μετατροπέων σάρωσης, οι αναλογικοί και οι ψηφιακοί. Από τα τέλη της δεκαετίας του '70 τα σύγχρονα απεικονιστικά συστήματα είναι εξοπλισμένα με ψηφιακούς μετατροπείς σάρωσης.

Βασική συνιστώσα ενός μετατροπέα σάρωσης είναι η μνήμη. Τα ηχητικά δεδομένα καταγράφονται σε αυτή τη μνήμη χρησιμοποιώντας σάρωση B-τρόπου και διαβάζονται χρησιμοποιώντας σάρωση Raster.

Στους αναλογικούς μετατροπείς η μνήμη (ή επιφάνεια αποθήκευσης-storage target) είναι μια επίπεδη επιφάνεια επί της οποίας υπάρχει επίστρωση από κατάλληλο ημιαγώγιμο υλικό(πυρίτιο). Η επίστρωση δεν είναι συνεχής αλλά υπό μορφή κυψελίδων. Η όλη μορφή ενός αναλογικού μετατροπέα μοιάζει με παλμογράφο. Μια δέσμη ηλεκτρονίων προσπίπτει στη μνήμη και εναποθέτει σε κάθε κυψελίδα ηλεκτρικό φορτίο ανάλογο με την ένταση του ηχητικού σήματος. Η σάρωση αυτής της δέσμης παρακολουθεί τη διεύθυνση διάδοσης της ηχητικής δέσμης. Έτσι σε κάθε σημείο της επιφάνειας της μνήμης υπάρχει ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου ανάλογη με την ένταση ενός σήματος που προέρχεται από συγκεκριμένο σημείο στ σώμα του ασθενούς(τομή σάρωσης). Σχηματίζεται δηλ. μια ηλεκτροστατική εικόνα.

Στους ψηφιακού μετατροπείς σάρωσης χρησιμοποιείται μνήμη H/Y. Η μνήμη αυτή προσομοιάζει με μια επίπεδη διάταξη τετραγωνιδίων που ονομάζονται pixels. Κάθε pixel αντιστοιχεί σε ορισμένη ανατομική περιοχή.

13.19 Φίλτρα (ηθμοί)

Τα φίλτρα χρησιμοποιούνται για να επιλέγουν σήματα(εντός) ενός συγκεκριμένου εύρους συχνοτήτων από ένα μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων των ανιχνευόμενων σημάτων.

Τα φίλτρα low pass επιτρέπουν τη διέλευση σημάτων χαμηλής συχνότητας και εμποδίζουν τη διέλευση των υψίσυχνων σημάτων.

Τα φίλτρα high pass αποκόπτουν τα χαμηλής συχνότητας σήματα και επιτρέπουν τη διέλευση των υψίσυχνων σημάτων.

Τέλος τα φίλτρα band pass επιτρέπουν τη διέλευση σημάτων με συχνότητες που βρίσκονται εντός ενός συγκεκριμένου εύρους συχνοτήτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14

ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ & ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

14.1 Γενικά

14.2 Σφάλματα Διακριτικής ικανότητας

14.3 Σφάλματα κατεύθυνσης

14.4 Σφάλματα εξασθένησης

14.5 SPECLE

14.6 Σφάλματα άλλης προέλευσης

14.7 Προβλήματα & ασφάλεια λειτουργίας

14.7.1 Δυσμενή περιστατικά

14.7.2 Συνηθισμένες βλάβες

14.7.3 Μέτρα ασφαλούς λειτουργίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14

ΤΕΧΝΙΚΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ-ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ & ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.

14.1 Γενικά

Τα τεχνικά σφάλματα(artifacts) των διαγνωστικών υπερήχων μπορούν να καταταγούν – ανάλογα με την προέλευσή τους- σε διάφορες γενικές ομάδες, με βάση τα φυσικά φαινόμενα και τις ιδιότητες απεικόνισης που εξετάστηκαν σε προηγούμενα κεφάλαια.

Άλλα από τα σφάλματα είναι προφανή και ως εκ τούτου δε δημιουργούν ουσιαστικά προβλήματα στη διαγνωστική ερμηνεία των εικόνων, άλλα (σφάλματα) μπορεί να οδηγήσουν σε λαθεμένη διαγνωστική ερμηνεία, ενώ ορισμένα τεχνικά σφάλματα συχνά υποδεικνύουν, με έμμεσο τρόπο, τη σωστή ερμηνεία.

Εδώ γίνεται μια προσπάθεια περιγραφής των κυριότερων τεχνικών σφαλμάτων, που οφείλονται σε φαινόμενα ακουστικής και οδηγούν σε σφάλματα παρουσίασης των ανατομικών πληροφοριών που περιέχουν και παρέχουν οι ανακλάσεις.

14.2 Σφάλματα διακριτικής ικανότητας

Όπως γίνεται αντιληπτό, τα σφάλματα αυτά προέρχονται από την περιορισμένη και πλάγια διακριτική ικανότητα των συστημάτων υπερηχοτομογραφίας, καθώς και από το πάχος της τομής, όπως ορίζεται από τη διάσταση της δέσμης κάθετα προς το επίπεδο σάρωσης.

Το πρόβλημα της περιορισμένης διακριτικής ικανότητας έχει σαν αποτέλεσμα την απεικόνιση δύο ανακλαστήρων σαν έναν ή τη λάθος απεικόνιση του μεγέθους πολύ μικρών ανακλαστήρων, λόγω του ότι οι ελάχιστες διαστάσεις αντικειμένων στην οθόνη καθορίζονται από τη διάμετρο της δέσμης των υπερήχων και το μισό του χωρικού μήκους παλμού(1/2)των υπερήχων. Και τα δύο αυτά σφάλματα επηρεάζουν την πιστότητα απεικόνισης της υφής των μαλακών ιστών(μια και η υφή των ιστών αποτελεί χρήσιμο στοιχείο για τη σωστή διάγνωση ορισμένων παθήσεων).

14.3 Σφάλματα κατεύθυνσης

Τα σφάλματα αυτά- που έχουν σχέση με την κατεύθυνση προώθησης- είναι γεωμετρικής φύσης και εξηγούνται αν ληφθεί υπ' όψιν η πραγματική και η φαινομενική κατεύθυνση της δέσμης των υπερήχων στους ιστούς μετά από πολλαπλές ανακλάσεις και διαθλάσεις στις διάφορες ανακλαστικές επιφάνειες.

Η πραγματική κατεύθυνση αλλάζει μετά από κάθε ανάκλαση ή και διάθλαση(εκτός από τις κάθετες ανακλάσεις), ενώ φαινομενική κατεύθυνση είναι εκείνη που υποθέτει το σύστημα, με βάση την κατεύθυνση του μετατροπέα ενέργειας τη στιγμή που εκπέμπει έναν ακουστικό παλμό.

14.4 Σφάλματα εξασθένισης

Τα σφάλματα αυτά προκαλούνται κυρίως από φαινόμενα τεχνικής εξασθένισης ή ενίσχυσης της έντασης των ανακλάσεων και περιλαμβάνει τα σφάλματα σκίασης λόγω διάθλασης(edge shadowing), ενίσχυσης και εστιακής ενίσχυσης.

Σφάλματα σκίασης εμφανίζονται σε περιπτώσεις που κάποιοι ανακλαστήρες βρίσκονται πίσω από ανακλαστικές επιφάνειες με μεγάλο συντελεστή ανάκλασης ή ιστούς με μεγάλο συντελεστή εξασθένισης.

Τα σφάλματα ενίσχυσης παρατηρούνται πίσω από ανακλαστικές επιφάνειες ή στρώματα ιστών με μικρό συντελεστή ανάκλασης και εξασθένισης αντίστοιχα, καθώς και πίσω από αιχμές αντικειμένων που εστιάζουν τη δέσμη υπερήχων.

Το σφάλμα εστιακής ενίσχυσης αναφέρεται στη διαφορά στις εντάσεις ανακλάσεων από ανακλαστήρες με ίδιες ανακλαστικές ιδιότητες, που όμως βρίσκονται σε διάφορα σημεία κατά μήκος του άξονα της δέσμης. Πιο συγκεκριμένα, ανακλαστήρες με μέγεθος περίπου ίσο με τη διάμετρο της δέσμης υπερήχων στην εστιακή απόσταση του μετατροπέα ενέργειας, θα δώσουν εντονότερες ανακλάσεις από αυτές που θα έδιναν αν ήταν στην εγγύ ή άπω ζώνη.

14.5 Speckle

Όταν απεικονίζεται μια περιοχή ενός ιστού, όπου οι αποστάσεις των σκεδαστών μεταξύ τους είναι μικρότερες από το όριο της αξονικής διακριτικής ικανότητας του

συστήματος, η ηχώ από κάθε ατομικό ανακλαστήρα «συγκρούεται» με τις αντίστοιχες των άλλων ανακλαστήρων και οι κορυφές των σημάτων(που καθορίζουν τη θέση των φωτεινών κηλίδων)δεν είναι στις ίδιες θέσεις, όπως αυτές θα έπρεπε να καθορίζονται από κάθε ξεχωριστή ηχώ.

14.6 Σφάλματα άλλης προέλευσης

Στους διαγνωστικούς υπερήχους παρατηρούνται συχνά και άλλα σφάλματα, τα αίτια των οποίων διαφέρουν από τα όσα έχουν ήδη αναφερθεί, όπως είναι τα σφάλματα αντίληψης(οπτικές απάτες),τα σφάλματα ερμηνείας(ανθρώπινος παράγοντας), ο θόρυβος κ. λ. π.

14.7 Προβλήματα & ασφάλεια λειτουργίας

14.7.1 Δυσμενέ περιστατικά

Για τα περιστατικά αυτού του είδους- που προκαλούν προβλήματα στην λειτουργία του συστήματος- φέρει την ευθύνη εξ' ολοκλήρου ο χειριστής με τον τρόπο που αυτός χρησιμοποιεί και φροντίζει το μηχάνημα. Μέρη του συστήματος που μπορούν να επηρεαστούν είναι η κεφαλή, η επιφάνεια της οποίας έρχεται σε επαφή με το σώμα του ασθενούς και είναι πολύ ευαίσθητη σε χτυπήματα που μπορούν να της προκαλέσουν ρωγμές και γδαρσίματα. Η εμφάνισή τους προκαλεί κενές μαύρες και κάθετες γραμμές στην εικόνα διότι οι κρύσταλλοι που βρίσκονται ακριβώς από κάτω τους έχουν καταστραφεί. Προβλήματα στην κεφαλή και την εικόνα που παράγει, μπορεί να προκαλέσει διάβρωση στην επιφάνεια του transducer. Επίσης τσακίσματα και γδαρσίματα στο καλώδιο της κεφαλής και φθορά στα pins του συνδετικού του μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στην εικόνα λόγω κακής μεταφοράς του ανιχνευόμενου σήματος στην μονάδα επεξεργασίας.

14.7.2 Συνηθισμένες βλάβες

Οι βλάβες συνήθως έχουν να κάνουν με μέρη του συστήματος που δεν είναι εκτεθειμένα, αλλά εντός του περιβλήματος του μηχανήματος και τα οποία εμφανίζουν

πρόβλημα ξαφνικά ή φυσιολογικά με τη πάροδο του χρόνου. Συνηθισμένες βλάβες μπορούν να εμφανίσουν στις πλακέτες, με τη σκόνη να επικάθεται στις διάφορες λειτουργικές βαθμίδες του συστήματος που βρίσκονται εντός της συσκευής, αποτελεί μια από τις βασικές αιτίες πρόκλησης βλαβών. Η σκόνη αυτή μπορεί να προκαλέσει βραχυκυκλώματα.

Στη τροφοδοσία του συστήματος. Ξαφνική πτώση τάσης ή διακοπές αυτής κατά διαστήματα, ενδεχομένως να προκαλέσουν πρόβλημα λειτουργίας στο τροφοδοτικό του συστήματος. Γι' αυτό πρέπει να υπάρχει σύστημα αδιάλειπτης τροφοδοσίας(UPS) για προστασία, ή να επισκευασθεί πιθανό πρόβλημα.

Επεξεργασία του σήματος(DIGITAL): Εμφανίζονται προβλήματα που έχουν να κάνουν με πλακέτες και τα εξαρτήματά τους. Σε αυτή τη περίπτωση προτείνεται λύση που έχει να κάνει με αντικατάσταση πλακετών της βαθμίδας ή επισκευή των υπαρχόντων. Η οθόνη παρ' όλο που προορίζεται μόνο για ιατρική χρήση, εμφανίζει προβλήματα σαν και αυτά των κοινών οθονών ή τηλεοράσεων. Η λύση σε αυτή τη περίπτωση είναι η επισκευή ή στην χειρότερη περίπτωση η αντικατάσταση της οθόνης.

Πρέπει να επισημάνουμε ότι πλέον όλα τα σύγχρονα συστήματα υπερηχογραφίας διαθέτουν στο λογισμικό τους διαγνωστικά προγράμματα βλαβών, που ενημερώνουν τον χειριστή και τον τεχνικό για το πρόβλημα και την πιθανή αιτία του.

14.7.3 Μέτρα ασφαλούς λειτουργίας

Όσον αφορά σε περιστατικά που θα μπορούσαν να αποβούν επιζήμια για τον ασθενή ή και το προσωπικό, δεν έχει αναφερθεί ως τώρα κανένα βεβαιωμένο βιολογικό αποτέλεσμα που να προκλήθηκε από έκθεση σε δέσμη διαγνωστικών υπερήχων. Πάντως, αξιοσημείωτες επιπλοκές που είναι γνωστές και περιγράφονται στη συνέχεια μπορούν να επέλθουν μόνο λόγω έκθεσης σε υψηλά επίπεδα δόσεων υπερήχων.

- ✓ **Θερμικές βλάβες:** Οι υπέρηχοι μπορούν να αυξήσουν την θερμοκρασία ενός ιστού μέσω μοριακών διαταραχών και διαδικασιών χαλάρωσης. Μια σημαντική αύξηση στην θερμοκρασία ενός ιστού, απαιτεί υψηλά επίπεδα έντασης υπερήχων. Η ενέργεια αυτή απορροφάτε από τον ιστό και αυξάνεται η θερμοκρασία του. Τοπικά ίσως προκληθούν δομικές αλλαγές όπως στο ρυθμό των βιοχημικών αντιδράσεων.

- ✓ Αποτελέσματα σε ζωντανό ιστό: Σε αρκετά υψηλή ένταση της υπερηχητικής δέσμης και για αξιοσημείωτες χρονικές διάρκειες εμφανίζονται τα λεγόμενα αποτελέσματα έκθεσης σε ιοντίζουσα ακτινοβολία, όπως διάσπαση χημικών δεσμών και καταστροφή κυττάρων. Αυτά έχουν βαρύτητα μόνο κατά την σάρωση με υπερήχους της μήτρας. Προβλήματα στον άνθρωπο δεν έχουν εμφανιστεί. Πάντως πρέπει η χρήση των υπερήχων κατά την εγκυμοσύνη με προσοχή και σε επίπεδα έντασης που δεν υπερβαίνουν την απαραίτητη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΥΠΕΡΗΧΟΥΣ & ΤΕΧΝΙΚΗ DOPPLER

15.1 Χρήση Η/Υ στους Υπερήχους

15.2 Νέες ηχοκαρδιογραφικές τεχνικές

15.3 Φαινόμενο Doppler

15.4 Όργανα-Τεχνικές Doppler

15.5 Doppler κατά παλμούς

15.6 Duplex Scan

15.7 Συστήματα έγχρωμης απεικόνισης της ροής

15.8 Έγχρωμη απεικόνιση ταχύτητας(Color Velocity Imaging-CVI)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΥΠΕΡΗΧΟΥΣ & ΤΕΧΝΙΚΗ DOPPLER.

15.1 Χρήση Η/Υ στους υπερήχους

Η έρευνα που γίνεται στο Τομέα των υπερήχων συνίσταται στην ανάδειξη και εκμετάλλευση των δυνατοτήτων, που προσφέρονται στις εξετάσεις με υπέρηχους, με την παράλληλη χρήση Η/Υ.

Συνοπτικά είναι οι ακόλουθες:

A) Επεξεργασία πληροφοριών που προέρχονται από τις υπερηχογραφικές εξετάσεις, δηλαδή:

1. η αποθήκευση στοιχείων σε μια βάση δεδομένων
2. η επεξεργασία δεδομένων(δημιουργία πινάκων γραφικών παραστάσεων κ. τ. λ)
3. η στατιστική επεξεργασία και αξιολόγηση.

B) Αποθήκευση εικόνων σε ειδικά αρχεία ασθενών και αυτόματη ανάκληση της εικόνας για μελέτη, όταν κάτι τέτοιο κρίνεται απαραίτητο.

Γ) Επεξεργασία υπερηχογραφικών εικόνων με στόχο τη βελτίωση της απεικόνισης και την καλύτερη δυνατή λήψη περισσότερων πληροφοριών, ειδικά δε όταν αυτές οι εικόνες καταγράφηκαν στο παρελθόν με συστήματα υπερήχων, που η ανάλυση εικόνας ήταν χαμηλή.

Υλικό και Μέθοδος: Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών γίνεται εγγραφή σε βιντεοκασέτα, δισκέτα ή CD όλων των υπερηχογραφικών εξετάσεων, χρησιμοποιώντας αρχικά συστήματα υπερήχων χαμηλής ανάλυσης και κατόπιν συστήματα με βελτιωμένη ανάλυση.

Με τη βοήθεια λοιπόν ενός Η/Υ, μιας ειδικής ηλεκτρονικής κάρτας για τη μεταφορά εικόνων από τη βιντεοκασέτα στην οθόνη του Η/Υ υψηλής ανάλυσης, με ένα πρόγραμμα επεξεργασίας εικόνας και με μια βάση δεδομένων, καθίσταται δυνατή η περαιτέρω αποθήκευση των πληροφοριών και επεξεργασία(εικόνας-δεδομένων).

15.2 Νέες ηχοκαρδιογραφικές τεχνικές

1) Ακουστική πυκνομετρία/Ποιοτικός χαρακτηρισμός ιστών.

Περιλαμβάνει ανάλυση ακουστικού σήματος ραδιοσυχνότητας(RF)είτε με τη μέθοδο αφαίρεσης του υποκειμένου θορύβου είτε με τη μέθοδο των μεταβλητών Doppler δυναμικών αρμονικών.

2) Αυτόματη κατάδειξη ενδοκαρδιακών ορίων.

Είναι η πρώτη εφαρμογή της ακουστικής ποιοτικής διαφοροποίησης παρακειμένων ιστών.

3) Αυτόματη ποσοτικοποίηση παροχής μέσω δειγματοληψίας σε επιλεγόμενο σημείο καρδιακών κοιλοτήτων με παλμικό Doppler.

4) Ψηφιακή αφαίρεση δισδιάστατων απεικονιστικών στιγμιotypων κατά τη διάρκεια του καρδιακού κύκλου με περιγραφή εν σειρά των μεταβλητών θέσης του ενδοκαρδίου.

5) Παλμικό Doppler χαμηλών ταχυτήτων.

Περιγράφει την κίνηση ενδοκαρδιακών ζωνών.

6) Απεικόνιση με χρήση της δεύτερης αρμονικής συνιστώσας της εκπέμπουσας δέσμης του μετατροπέα υπερήχων.

Δυνατότητα χρήσης είτε της τεχνικής δυναμικής επαύξησης διασποράς είτε της τεχνικής της δυναμικής απεικόνισης με Doppler.

15.3 Φαινόμενο Doppler

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για τον προσδιορισμό της ταχύτητας του αίματος μέσα στα αγγεία. Η θεωρία του Doppler βασίζεται στην διαφορετική συχνότητα ανάκλασης του εκπεμπόμενου υπερήχου από τα ερυθρά αιμοσφαίρια, σε σχέση με τις υπόλοιπες ανατομικές δομές του σώματος. Για φυσιολογικές ταχύτητες μέσα στο ανθρώπινο σώμα, η συχνότητα αυτή τείνει να βρίσκεται μέσα στην περιοχή των ακουστικών συχνοτήτων και αυτό επιτρέπει την παρακολούθηση των σημάτων Doppler και ακουστικά.

15.4 Όργανα – Τεχνικές Doppler

Τα συστήματα Doppler που χρησιμοποιούνται στην ιατρική διάγνωση είναι τριών ειδών:

- 1) συνεχών κυμάτων(continuous wave)
- 2) παλμικών κυμάτων(pulsed wave)
- 3) έγχρωμης απεικόνισης της ροής(colour flow imaging).

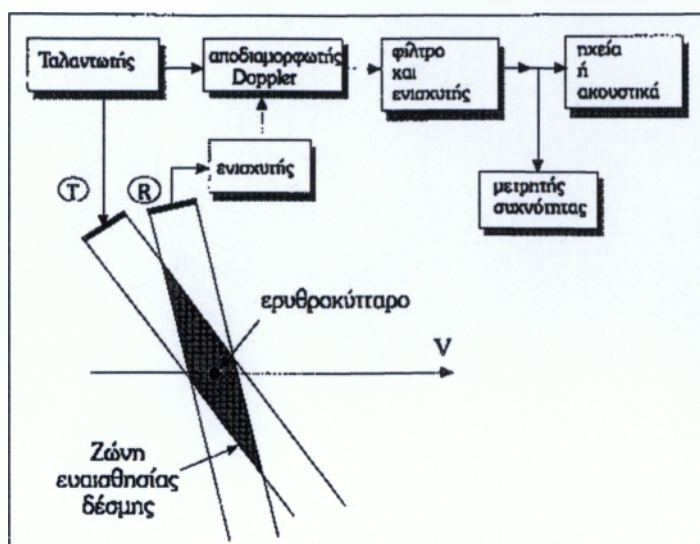
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΕΧΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

Το πιο απλό σύστημα για τη μη επεμβατική μέτρηση της ταχύτητας του αίματος είναι αυτό των συνεχών κυμάτων. Αυτό το σύστημα έχει δύο μεταλλάκτες , ένα για την εκπομπή συνεχούς δέσμης υπερήχων και έναν άλλο για τη λήψη της ανακλώμενης ή σκεδαζόμενης δέσμης. Τα βασικά στοιχεία από τα οποία αποτελείτε ένα όργανο Doppler συνεχών κυμάτων φαίνονται στο σχήμα 15.1.

Αποδιαμόρφωση : Το σήμα Doppler ανιχνεύεται από το μεταλλάκτη-δέκτη μαζί με ήχους που προέρχονται από ανάκλαση σε διάφορες ακίνητες επιφάνειες, τοιχώματα αγγείων κ. λ. π. Γι' αυτό είναι απαραίτητη η διαδικασία της αποδιαμόρφωσης του σήματος για να απομονωθεί το σήμα Doppler.

Επεξεργασία και παρουσίαση του σήματος Doppler.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, τόσο στη στρωτή όσο και στην τυρβώδη ροή, το φάσμα ταχυτήτων των ερυθροκυττάρων είναι αρκετά ευρύ, με αποτέλεσμα η κατανομή των συχνοτήτων Doppler να είναι επίσης ευρεία. Καθώς αυτό το φάσμα συχνοτήτων συνεχώς αλλάζει με την πάροδο του χρόνου, ανάλογα με τη φάση του καρδιακού κύκλου, απαιτείται η κατάλληλη επεξεργασία και παρουσίαση του σε συνάρτηση με το χρόνο. Η πλέον διαδεδομένη μέθοδος επεξεργασίας του σήματος Doppler είναι ο μετασχηματισμός Fourier.



Σχ. 15.1 Block διάγραμμα συστήματος Doppler συνεχών κυμάτων.

15.5 Doppler κατά παλμούς

Τα συστήματα αυτά έχουν μόνο ένα μεταλλάκτη, ο οποίος λειτουργεί τόσο σαν πομπός όσο και σαν δέκτης υπερήχων. Δηλαδή οι υπέρηχοι παράγονται κατά παλμούς και τα ανακλώμενα σήματα εξετάζονται ως προς τη συχνότητά τους. Η μέθοδος αυτή γενικότερα χρησιμοποιείται για απεικόνιση εγκάρσιων και διαμήκων τομών αγγείων, για τον υπολογισμό της ροής του αίματος καθώς και για την ακριβή εκτίμηση του χώρου κινήσεως των ερυθρών αιμοσφαιρίων.

15.6 Duplex scan

Ο συνδυασμός της real-time υπερηχοτομογραφίας με σύγχρονη καταγραφή του σήματος Doppler αποτελεί τη βάση του duplex scanner.

Αυτή η προσέγγιση καθιστά δυνατή τη μελέτη ροής του αίματος σε επιλεγμένες θέσεις της υπερηχοτομογραφικής εικόνας, συνήθως αγγεία. Το σήμα Doppler καταγράφεται στο κάτω μέρος της εικόνας, πάνω από τη βασική γραμμή εάν η φορά ροής του αίματος είναι προς το μεταλλάκτη και κάτω εάν είναι αντίθετη.

Το duplex scan χρησιμοποιείται στη διαφοροδιάγνωση κυστικών μαζών από τις αγγειακές, καθώς επίσης για τον έλεγχο της ροής και της βατότητας αγγείων.

15.7 Συστήματα έγχρωμης απεικόνισης της ροής

Μια άλλη τεχνική απεικόνισης των αγγείων ή ακριβέστερα της ροής αίματος στα αγγεία, είναι το έγχρωμο Doppler. Στην ασπρόμαυρη υπερηχοτομογραφική εικόνα προστίθεται η έγχρωμη απεικόνιση των αγγείων που βασίζεται στην ανίχνευση του σήματος Doppler. Η ροή προς το μεταλλάκτη αντιστοιχεί στο κόκκινο χρώμα και η αντίθεση στο μπλε.

Με το έγχρωμο Doppler όχι μόνο προσδιορίζεται ο αγγειακός χαρακτήρας ενός μορφώματος, αλλά μπορούμε να παρακολουθήσουμε τον τρόπο που διαφοροποιείται η ροή κατά τον καρδιακό κύκλο(π.χ. υψηλή ταχύτητα σε περίπτωση στένωσης).

15.8 Έγχρωμη απεικόνιση ταχύτητας (Color Velocity Imaging – CVI)

Η CVI είναι μια τεχνική απεικόνισης αγγείων, που βασίζεται στη μέτρηση της ταχύτητας του αίματος άμεσα και όχι έμμεσα από τη μεταβολή της συχνότητας όπως γίνεται στο Doppler.

Η μέθοδος είναι πιο ακριβής, έχει καλύτερη αντιστοιχία τιμών ταχύτητας-διαβαθμίσεων χρωμάτων(η ένταση του χρώματος αντιστοιχεί στην ένταση του ανιχνευόμενου παλμού από τη συγκεκριμένη ανατομική περιοχή), που σημαίνει ότι οι περιοχές διαφορετικής ροής απεικονίζονται πιστότερα και οι ποσοτικές μετρήσεις είναι ακριβέστερες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΣ(Μ.Τ.)

16.1 Εισαγωγή

16.2 Ιστορική Αναδρομή

16.3 Σκοπός χρήσης

16.4 Μαγνητικές ιδιότητες στοιχειωδών σωματιδίων-ορισμοί

16.5 Προσανατολισμός των μαγνητικών ροπών μέσα σε εξωτερικό μαγνητικό πεδίο

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16

16.1 Εισαγωγή

Το φαινόμενο του Πυρηνικού Μαγνητικού συντονισμού(Nuclear Magnetic Resonance-NMR), ανακαλύφθηκε το 1945. Λίγα χρόνια αργότερα αναπτύχθηκε η φασματοσκοπία NMR, η οποία σήμερα είναι από τις πιο σημαντικές μεθόδους διερεύνησης των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων της ύλης σε μοριακό επίπεδο. Στις αρχές της δεκαετίας του '70 το φαινόμενο MNR άρχισε να εφαρμόζεται στην Ιατρική από τον Lauterbur. Βασικός στόχος ήταν η ανάπτυξη τεχνικών σχηματισμού εικόνων της εσωτερικής δομής του ανθρώπινου σώματος(Lauterbur, Damadian κ.τ.λ.). Εκτός όμως από τις απεικονιστικές τεχνικές, σήμερα εφαρμόζονται και τεχνικές φασματοσκοπίας NMR. Οι σχετικοί όροι, που επικρατούν στην σύγχρονη ορολογία, είναι: απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού(MRI) και φασματοσκοπία μαγνητικού συντονισμού(MRS). Η φασματοσκοπία διακρίνεται σε φασματοσκοπία *in vitro*, που εφαρμόζεται σε δείγματα ουσιών και σε φασματοσκοπία *in vivo* που εφαρμόζεται στο ανθρώπινο σώμα. Οι τεχνικές απεικόνισης αναφέρονται στην εφαρμογή του φαινομένου σε πυρήνες υδρογόνου(πρωτόνια). Οι φασματοσκοπικές τεχνικές εφαρμόζονται σε πυρήνες φωσφόρου, άνθρακα., υδρογόνου κ.τ.λ.

16.2 Ιστορική Αναδρομή

Στις 3 Ιουλίου 1977, ένα γεγονός πραγματοποιήθηκε που θα άλλαζε για πάντα το τοπίο της σύγχρονης ιατρικής. Έξω από την ιατρική ερευνητική κοινότητα, αυτό το γεγονός έκανε μόλις και μετά βίας μία κυμάτωση πρώτα. Αυτό το γεγονός ήταν ο πρώτος διαγωνισμός μαγνητικού τομογράφου που εκτελέστηκε ποτέ σε άνθρωπο. Είχε διάρκεια σχεδόν 5 ώρες για να παράγει μια εικόνα. Οι εικόνες ήταν, σε σχέση με τα σημερινά πρότυπα, αρκετά άσχημες. Ο Δρ. Damadian, παθολόγος και επιστήμονας, μαζί με τους συναδέλφους Δρ. Goldsmith και Minkoff, εργάστηκαν ακούραστα για 7 ολόκληρα χρόνια για να φθάσουν σε αυτό το σημείο. Ονόμασαν την αρχική τους μηχανή «ακαταδάμαστη» για να συλλάβουν το πνεύμα της προσπάθειάς τους, και να

πραγματοποιήσουν κάτι για το οποίο πολλοί αμφέβαλλαν. Αυτή η μηχανή βρίσκεται τώρα στο Smithsonian Institution. Έως το 1982, υπήρξε μόνο ένας μαγνητικός τομογράφος στις Η.Π.Α. ενώ σήμερα υπάρχουν χιλιάδες, όπου μπορούν να βγάλουν εικόνα σε δευτερόλεπτα, πράγμα που παλαιότερα έπαιρνε ώρες. Ο μαγνητικός τομογράφος δημιουργήθηκε από ανάγκες της βιοϊατρικής και της βιομηχανικής τομογραφίας.

16.3 Σκοπός χρήσης

Η μαγνητική τομογραφία και γενικά κάθε είδους ιατρικές απεικονίσεις αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της ιατρικής επιστήμης, διότι με την απεικόνιση επιτυγχάνουμε πλήρη αναπαράσταση και μελέτη της ανατομίας και λειτουργίας διαφόρων οργάνων και συστημάτων του σώματος με τη βοήθεια ακτίνων (X-Ray), υπερήχων, μαγνητικών πεδίων και ραδιοϊσοτόπων, μετά από επεξεργασία των δεδομένων με Η/Υ. Πρόκειται για απόλυτα σύγχρονες μεθόδους, γρήγορες και εξαιρετικά αποτελεσματικές, έτσι ώστε οι γιατροί όλων των ειδικοτήτων να έχουν μία ολοκληρωμένη εικόνα της κατάστασης του ασθενούς. Με την μαγνητική τομογραφία απεικονίζεται το ανθρώπινο σώμα, σε οποιοδήποτε άξονα με την χρήση μαγνητικών πεδίων και την βοήθεια Η/Υ. Κατά την εξέταση αυτή ο ασθενής δεν λαμβάνει ακτινοβολία. Ο Μ.Τ. έχει δυνατότητες ολόσωμης μαγνητικής τομογραφίας του κεντρικού νευρικού συστήματος, των συμπαγών οργάνων του σώματος, του μυοσκελετικού συστήματος κ.τ.λ. καθώς και ειδικών εξετάσεων μαγνητικής αγγειογραφίας όλων των αγγείων του σώματος και εγκεφάλου (MRI), μαγνητικής παγκρεοχολαγγειογραφίας (M-RCP), έγχρωμης 3D μαγνητικής τομογραφίας και μελέτης καρδιακής λειτουργίας και ανατομίας. Επίσης μπορεί να ανιχνεύσει τους αθλητικούς τραυματισμούς που περιλαμβάνουν την ζημιά τενόντων και συνδέσμων.

16.4 Μαγνητικές ιδιότητες στοιχειωδών σωματιδίων - Ορισμοί

Στροφορμή: Είναι ένα διανυσματικό φυσικό μέγεθος που χαρακτηρίζει τη στροφική κίνηση των σωμάτων. Στο επίπεδο του μικρόκοσμου και των στοιχειωδών σωματιδίων, η στροφορμή εκφράζεται μέσω των λεγόμενων κβαντικών αριθμών στροφορμής.

Τροχιακή στροφορμή: Εκφράζει τη στροφορμή που έχει ένα ηλεκτρόνιο εξ' αιτίας της περιφοράς του γύρω από ένα νοητό άξονα που διέρχεται από το «κέντρο» του ατόμου.

Μαγνητική ροπή (μ): Είναι ένα διανυσματικό μέγεθος και παριστάνεται από ένα διάνυσμα που είναι παράλληλο με τον άξονα περιστροφής του σωματιδίου. Στην κλασική φυσική η μαγνητική ροπή ορίζεται ως ένα φυσικό μέγεθος, που χαρακτηρίζει τους διπολικούς ραβδόμορφους μαγνήτες. Εκφράζει την ταχύτητα με την οποία ένας τέτοιος μαγνήτης παραλληλίζεται με τις δυναμικές γραμμές ενός εξωτερικού μαγνητικού πεδίου.

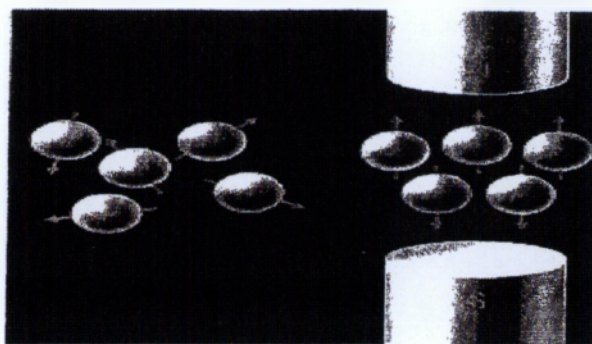
Μαγνήτιση: Όταν διατίθεται ένα πλήθος από ίδια στοιχειώδη σωματίδια (π.χ πρωτόνια) οι επιμέρους μαγνητικές ροπές μ_i αθροίζονται διανυσματικά. Η τελική συνισταμένη όλων αυτών των ροπών ονομάζεται μαγνήτιση (M) (magnetization-θα αναλυθεί εκτενέστερα στην ενότητα 16.3).

16.5 Προσανατολισμός των μαγνητικών ροπών μέσα σε εξωτερικό μαγνητικό πεδίο

Με τον όρο εξωτερικό μαγνητικό πεδίο (B_0) χαρακτηρίζεται ένα πεδίο, που παράγεται από κάποιο μηχανισμό ανεξάρτητο από την παρουσία του εξεταζόμενου υλικού. Ο μηχανισμός αυτός είναι συνήθως κάποιος ηλεκτρομαγνήτης ή κάποιος μόνιμος μαγνήτης. Μέσα σε ένα τέτοιο πεδίο τοποθετείται το υπό εξέταση υλικό («δείγμα»). Το δείγμα αυτού του υλικού μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σύνολο από όμοιους ατομικούς πυρήνες οι οποίοι χαρακτηρίζονται από μη μηδενικό πυρηνικό spin¹. Άμεσο αποτέλεσμα της εισαγωγής αυτού του δείγματος μέσα στο μαγνητικό πεδίο είναι η τάση παραλληλισμού των μαγνητικών ροπών με τις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Επειδή οι πυρήνες είναι ουσιαστικά στρεφόμενα ηλεκτρικά φορτία δημιουργούν μαγνητικό πεδίο. Άλλωστε οι μαγνητικές ροπές απορρέουν από την ύπαρξη αυτού του ενδογενούς μαγνητικού πεδίου των πυρήνων.

Πριν την εισαγωγή του δείγματος μέσα στο εξωτερικό πεδίο, ο προσανατολισμός των μαγνητικών ροπών και των μαγνητικών πεδίων των πυρήνων είναι τυχαίος και χρονικά μεταβαλλόμενος(Σχ. 16.1).

¹ Οι πυρήνες των ατόμων χαρακτηρίζονται από στροφορμή, η οποία ονομάζεται πυρηνικό spin.



Σχ. 16.1

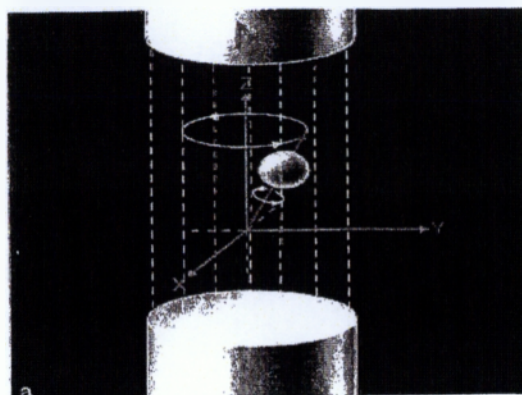
Αυτό οφείλεται στη θερμική κίνηση των ατόμων, στις μεταξύ τους συγκρούσεις κ.τ.λ. Συνεπώς η συνισταμένη όλων των επιμέρους πεδίων είναι μηδέν. Μετά την εισαγωγή στο πεδίο και τον παραλληλισμό των ροπών αναπτύσσεται ένα μακροσκοπικό ενδογενές πεδίο προερχόμενο από τους ατομικούς πυρήνες το οποίο συνυπάρχει με το εξωτερικό πεδίο. Πρέπει να διευκρινισθεί ότι το ενδογενές πεδίο είναι σημαντικά ασθενέστερο (κατά 106 φορές) από το εξωτερικό. Ως προς τον παραλληλισμό διακρίνονται 2 περιπτώσεις: α) Το ενδογενές πεδίο να έχει την ίδια ακριβώς φορά με το εξωτερικό πεδίο (φαινόμενο παραμαγνητισμού), β) Το ενδογενές πεδίο να είναι μεν παράλληλο με το εξωτερικό, αλλά να έχει αντίθετη φορά από αυτό (φαινόμενο διαμαγνητισμού). Πάντως ο νέος προσανατολισμός των ενδογενών πεδίων και των μαγνητικών ροπών δεν είναι καθολικός. Μόνο ένας μικρός αριθμός πυρήνων παραλληλίζεται με το εξωτερικό πεδίο. Αυτό είναι αποτέλεσμα των θερμικών κινήσεων και συγκρούσεων π.χ. για ένα πεδίο 0.1 T (Tesla) μόνο ένα άτομο στο εκατομμύριο παραλληλίζεται.

Για τα άτομα που, μετά την εισαγωγή τους στο εξωτερικό πεδίο, διατηρούν τον τυχαίο προσανατολισμό, η συνισταμένη των επιμέρους ενδογενών πεδίων και των μαγνητικών ροπών είναι μηδέν. Από τα άτομα που παραλληλίζονται, σχηματίζεται μία συνισταμένη μαγνητική ροπή (που ονομάζεται μαγνήτιση).

Όταν οι πυρήνες υδρογόνου βρεθούν μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο B_0 προσανατολίζονται είτε παράλληλα, είτε αντιπαράλληλα σε σχέση με αυτό. Στην πραγματικότητα ο παραλληλισμός δεν είναι πλήρης. Όπως φαίνεται και στο σχ. 16.2 μεταξύ της μαγνητικής ροπής μ και του πεδίου B_0 σχηματίζεται μια γωνία θ . Επίσης το διάνυσμα της μαγνητικής ροπής στρέφεται γύρω από το κατακόρυφο διάνυσμα του πεδίου B_0 , εκτελώντας μία μορφή κίνησης που ονομάζεται μετάπτωση (precession).

Η μεταπτωτική κίνηση (στην κλασική μηχανική περιγράφεται από την κίνηση του στρόβου (σβούρα) μέσα στο πεδίο βαρύτητας) έχει ορισμένη συχνότητα ω_0 . Η συχνότητα

ω_0 ονομάζεται συχνότητα Larmor και είναι χαρακτηριστική του είδους των κινούμενων πυρήνων.



Σχ. 16.2

Είναι φανερό ότι για δεδομένο εξωτερικό πεδίο κάθε τύπος ατομικού πυρήνα εκτελεί μεταπτωτική κίνηση με ορισμένη συχνότητα(ιδιοσυχνότητα), που είναι διαφορετική για κάθε τύπο πυρήνα. Συνεπώς η μεταπτωτική αυτή κίνηση μπορεί να αποτελέσει ένα μέσο διερεύνησης των διαφόρων τύπων πυρήνων που εμπεριέχονται σε ένα υλικό. Στην περίπτωση που η μαγνητική ροπή ενός πρωτονίου προσανατολίζεται σε κατεύθυνση αντίθετη με αυτή του πεδίου B_0 το πρωτόνιο θα βρίσκεται σε κατάσταση ενεργειακά διεγερμένη. Αυτό σημαίνει ότι το πρωτόνιο έχει περισσότερη ενέργεια από όση θα είχε εάν η κατεύθυνση της ροπής του ήταν ίδια με αυτήν του πεδίου. Σε αυτήν την τελευταία περίπτωση το πρωτόνιο θα βρίσκεται στη λεγόμενη θεμελιώδη ενεργειακή κατάσταση(ground energy state).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ - ΜΑΓΝΗΤΙΣΗ

17.1 Μαγνητικός

17.2 Συντονισμός

17.3 Μαγνήτιση

17.4 Χρόνοι χαλάρωσης T1-T2

17.5 Ελεύθερη απόσβεση επαγωγής(FID-Free Induction Decay)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ - ΜΑΓΝΗΤΙΣΗ

17.1 Μαγνητικός

Σύμφωνα με τον Gauss, ο ηλεκτρισμός και ο μαγνητισμός αποτελούν τις δύο όψεις ενός νομίσματος. Δηλαδή, όταν ένα ηλεκτρικό φορτίο κινείται, όπως για παράδειγμα το πρωτόνιο που περιστρέφεται περί τον άξονά του, δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο με φορά κάθετη προς το επίπεδο της κίνησης του φορτίου.

Το ανθρώπινο σώμα αποτελείται κυρίως από νερό και πρωτεΐνες. Το υδρογόνο, που είναι το κύριο συστατικό του, αποτελείται από ένα πρωτόνιο και ένα περιστρεφόμενο ηλεκτρόνιο. Και τα δύο σωματίδια περιστρέφονται επιπλέον γύρω απ' τον άξονά τους (spin). Ως θετικά φορτισμένο σωματίο, το πρωτόνιο δημιουργεί ένα μικρό μαγνητικό πεδίο και συνεπώς αντιστοιχεί σε ένα μικρό μαγνήτη.

Ωστόσο, υπάρχουν διαφορές μεταξύ των μικρών αυτών πεδίων και των κοινών μαγνητικών πεδίων. Έτσι, ενώ η μαγνητική βελόνα μιας πυξίδας δείχνει πάντα το βορρά, τα πρωτόνια συμπεριφέρονται διαφορετικά. Γενικά, τείνουν να προσανατολίζονται προς τον υποθετικό βορρά παράλληλα προς το μαγνητικό πεδίο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα πρωτόνια έχουν πολύ μικρές διαστάσεις και έτσι συμπεριφέρονται σύμφωνα με τους νόμους της κβαντικής μηχανικής. Σύμφωνα με τους νόμους αυτούς, σε ένα μαγνητικό πεδίο επιτρέπονται μόνο δύο κατευθύνσεις για το μαγνητικό άξονα του πυρήνα του υδρογόνου: μία παράλληλη προς την ένταση του μαγνητικού πεδίου (βασική κατάσταση-ground state) και μία αντιπαράλληλη (διεγερμένη κατάσταση-excited state). Η ενέργεια των πρωτονίων με «βόρειο» προσανατολισμό είναι λίγο χαμηλότερη από την ενέργεια των πρωτονίων που προσανατολίζονται προς το «νότο». Επειδή η φύση προτιμά καταστάσεις χαμηλότερης ενέργειας, η διαφορά αυτή ενέργειας οδηγεί τα πρωτόνια να προτιμούν το βόρειο προσανατολισμό. Σε θερμοκρασία απολύτου μηδενός όλοι οι πυρήνες καταλαμβάνουν τη στάθμη χαμηλής ενέργειας. Αντίθετα, στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, οι πυρήνες έχουν αρκετή θερμική ενέργεια, ώστε να μεταπηδούν εύκολα από την παράλληλη στην αντιπαράλληλη κατεύθυνση, λόγω της μικρής ενεργειακής διαφοράς των εν λόγω σταθμών όταν δεν υπάρχει εξωτερικό μαγνητικό πεδίο.

17.2 Συντονισμός

Συντονισμός είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένα σύστημα εκτίθεται σε μια διαταραχή με συχνότητα ίση με την ιδιοσυχνότητα του συστήματος. Στην περίπτωση του MRI, το φαινόμενο του συντονισμού περιγράφει το γεγονός της μεταπήδησης ενός πυρήνα στην υψηλότερη στάθμη ενέργειας με τη χρησιμοποίηση φωτονίου με συγκεκριμένη συχνότητα. Η ενέργεια του φωτονίου είναι ακριβώς ίση με τη διαφορά ενέργειας μεταξύ των δύο προσανατολισμών.

Στην κατάσταση ισορροπίας πεδίου – πυρήνων δεν υπάρχει καμία μετρήσιμη μεταβολή. Με την μέθοδο απορρόφησης λόγω συντονισμού του πυρήνα, που εισήγαγε ο Purcell, μπορούμε να διαταράξουμε την ισορροπία οποιουδήποτε επιλεγμένου συνόλου πυρήνων αφήνοντας άλλους πυρήνες και ηλεκτρόνια ανενόχλητα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας ενέργεια υπό μορφή παλμού ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων ραδιοφωνικής συχνότητας(RF). Τα ραδιοκύματα διέρχονται από το ανθρώπινο σώμα όπως και οι ακτίνες Χ.

17.3 Μαγνήτιση

Η μαγνήτιση M είναι ένα διανυσματικό μέγεθος το οποίο όταν βρεθεί μέσα σε ένα εξωτερικό μαγνητικό πεδίο, συμπεριφέρεται όπως ακριβώς και οι μαγνητικές ροπές μ . Δηλαδή εκτελεί μεταπτωτική κίνηση. Στο προηγούμενο κεφάλαιο η συνισταμένη μαγνήτιση θεωρήθηκε ότι ήταν κατακόρυφη. Δηλαδή ήταν ακριβώς παράλληλη με το εξωτερικό πεδίο B_0 . Κατά συνέπεια η μεταπτωτική κίνηση δεν ήταν δυνατό να γίνει σχηματικά αντιληπτή. Η κίνηση αυτή καθίσταται εμφανής όταν σχηματίζεται μια μικρή γωνία θ .

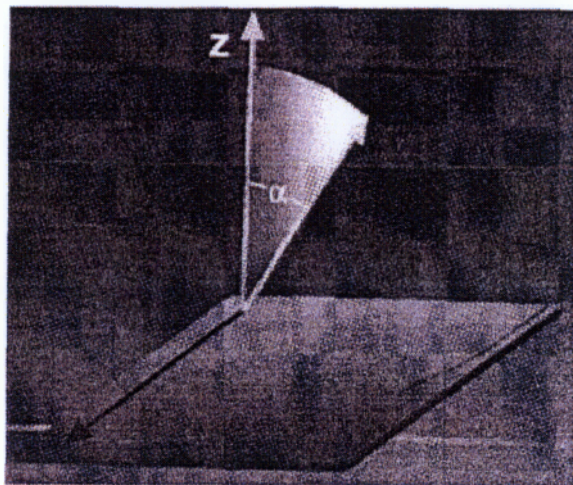
Οι μετρητικές και διαγνωστικές μέθοδοι που γίνονται με βάση το φαινόμενο του πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού στηρίζονται στη μετατόπιση της μαγνήτισης από τη θέση παραλληλισμού της με το εξωτερικό πεδίο B_0 . Κατά την επάνοδο αυτή η οποία έχει ορισμένη χρονική διάρκεια, παρατηρούνται φαινόμενα ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής (Electromagnetic induction). Δηλαδή οι χρονικές μεταβολές της έντασης ενός μαγνητικού πεδίου προκαλούν την εμφάνιση ηλεκτρικής τάσης και ηλεκτρικού ρεύματος. Οι χρονικές μεταβολές του πεδίου οφείλονται στην κίνηση της μαγνήτισης κατά την επάνοδό της. Βεβαίως απαραίτητη προϋπόθεση για την εμφάνιση, ανίχνευση και μέτρηση της ηλεκτρικής τάσης ή του ρεύματος είναι η τοποθέτηση εντός του χώρου

μεταβολής του πεδίου, κάποιου κλειστού κυκλώματος (π.χ. ενός πηνίου). Τόσο η ένταση όσο και η χρονική διάρκεια του ηλεκτρικού σήματος (τάσης ή ρεύματος) παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για το δείγμα του υλικού που βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο.

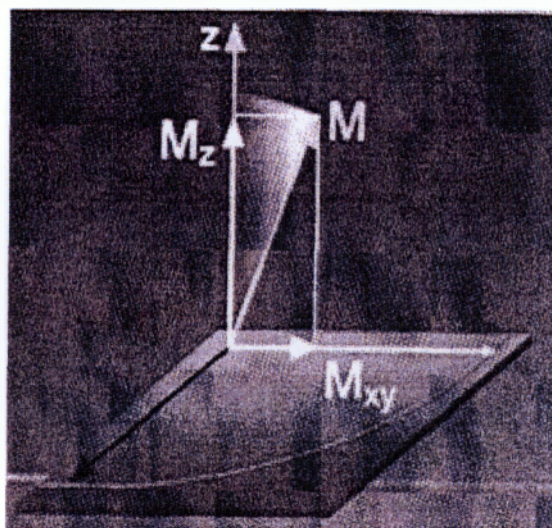
Η μετατόπιση της μαγνήτισης από τη θέση του πλήρους παραλληλισμού με το πεδίο B_0 μπορεί να πραγματοποιηθεί με την εφαρμογή ενός πρόσθετου εξωτερικού πεδίου. Η διεύθυνση αυτού του πρόσθετου πεδίου είναι κάθετη στη διεύθυνση του B_0 . Συνεπώς είναι κάθετη και στην αρχική διεύθυνση της M . Με την εμφάνιση του δεύτερου πεδίου η μαγνήτιση αρχίζει να εκτελεί μεταπτωτική κίνηση γύρω από αυτό. Συνεπώς μετατοπίζεται από την αρχική της θέση.

Η μαγνήτιση κινείται έτσι ώστε να τείνει να διαγράφει μια κυκλική επιφάνεια κάθετη στο πρόσθετο πεδίο (σχήματα 17.1α, β, γ, δ). Το πρόσθετο μαγνητικό πεδίο, το οποίο συνήθως αναφέρεται ως μαγνητικός παλμός (magnetic pulse), συμβολίζεται με B_1 . Στο σχήμα 18.1δ παρουσιάζεται ένα τρισδιάστατο σύστημα αξόνων xyz . Το πεδίο B_0 και η αρχική θέση της μαγνήτισης M βρίσκονται στον άξονα z . Το πεδίο B_1 αναπτύσσεται και κινείται στο επίπεδο xy . Η μεταπτωτική κίνηση της M φαίνεται κατ'αρχήν να γίνεται στο επίπεδο zy . Η M φαίνεται να τείνει να συμπίσει με τον άξονα y . Δηλαδή μεταξύ των διανυσμάτων B_0 και M σχηματίζεται μία γωνία $\Delta\theta$. Το εύρος αυτής της γωνίας αυξάνεται ανάλογα με το χρονικό διάστημα Δt εφαρμογής του πεδίου B_1 .

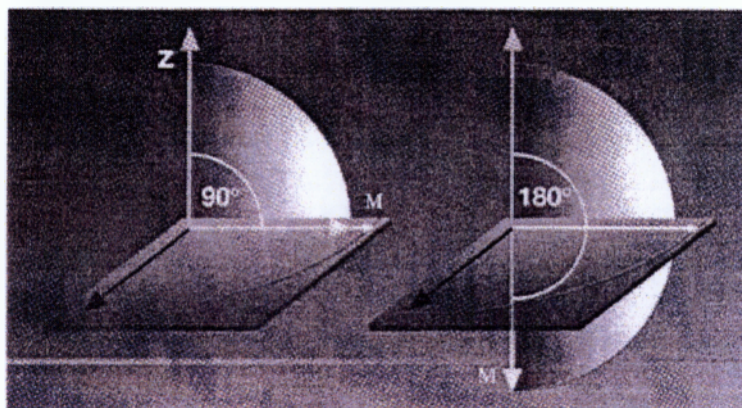
Από τη στιγμή που σχηματίζεται η γωνία $\Delta\theta$ το διάνυσμα M μπορεί να αναλυθεί σε δύο συνιστώσες (ή προβολές). Η μία συνιστώσα προβάλλεται κατά μήκος του άξονα z , συμβολίζεται με ML ή με MZ και ονομάζεται διαμήκης μαγνήτιση ή διαμήκης συνιστώσα της μαγνήτισης (Longitudinal component ή Longitudinal magnetization). Η άλλη συνιστώσα προβάλλεται αρχικά στον άξονα y αλλά, μπορεί να έχει οποιαδήποτε θέση στο οριζόντιο επίπεδο xy . Η δεύτερη αυτή συνιστώσα ονομάζεται εγκάρσια μαγνήτιση (Transverse magnetization) ή εγκάρσια συνιστώσα της μαγνήτισης και συμβολίζεται με MT ή με MXY (σχήμα 17.1β).



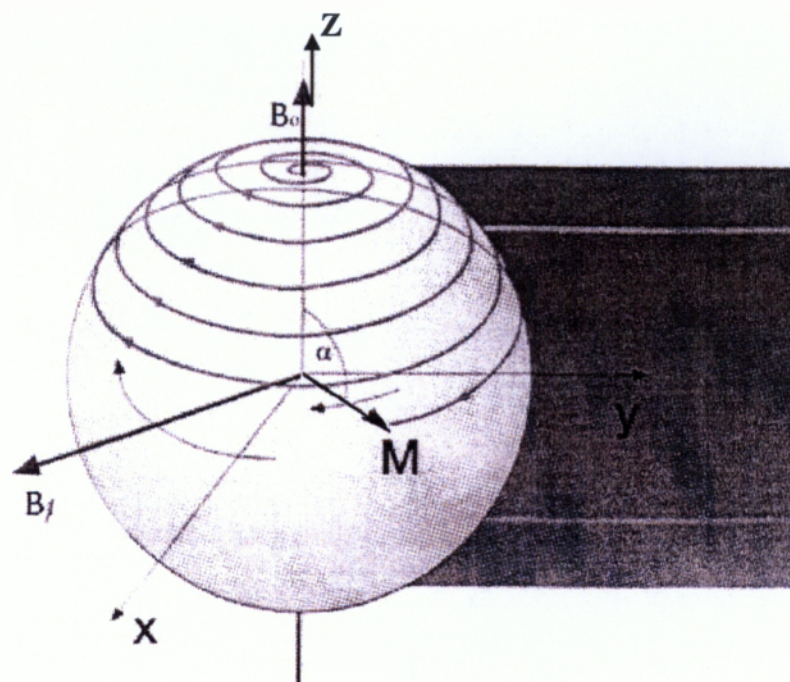
Σχήμα 17.1α



Σχήμα 17.1β



Σχήμα 17.1γ



Σχήμα 17.1δ

17.4 Χρόνοι χαλάρωσης T1 – T2

Η έννοια της χαλάρωσης (relaxation) είναι εξίσου σημαντική με αυτή του συντονισμού (δίνει σημαντικές πληροφορίες για τους ιστούς), στην απεικόνιση με μαγνητική τομογραφία. Στο φαινόμενο του συντονισμού, η ενέργεια RF απορροφάται από τα πρωτόνια όταν αυτή εκπέμπεται στη σωστή συχνότητα. Χαλάρωση είναι η διαδικασία απελευθέρωσης αυτής της ενέργειας από τα πρωτόνια και επαναφοράς τους στην προηγούμενη κατάσταση ή ο επαναπροσανατολισμός της μαγνήτισης και συνεπώς ο παραλληλισμός της με το εξωτερικό πεδίο B_0 .

Υπάρχουν δύο μεγέθη στην διαδικασία επαναφοράς στην ηρεμία: 1) επαναφορά στην ηρεμία της διαμήκουσ συνιστώσας και 2) επαναφορά στην ηρεμία της εγκάρσιας συνιστώσας.

Διαμήκουσ συνιστώσα (T1): Οι πυρήνες απορροφούν ενέργεια από τον παλμό RF, που τους αναγκάζει να αποκλίνουν από την ευθυγράμμιση προς τον άξονα Z. Η συνιστώσα Z του M (βλ. σχ. 17.1δ), επομένως, ελαττώνεται από τη μέγιστη τιμή που διέθετε στη κατάσταση ισορροπίας. Το χρονικό διάστημα που χρειάζονται οι διεγερμένοι πυρήνες ώστε να μεταφέρουν σε μόρια του περιβάλλοντος την περίσσεια της ενέργειας που απορρόφησαν από τον παλμό RF, χαρακτηρίζεται από την παράμετρο T1, που είναι επίσης γνωστή και ως χρόνος χαλάρωσης πλέγματος-πρωτονίων (spin-lattice relaxation).

time) ή ως διαμήκους χρόνος/ χαλάρωσης(longitudinal relaxation time). Σε σχέση με τη μαγνήτιση M , η παράμετρος T_1 περιγράφει την επιστροφή της συνιστώσας Z στην κατάσταση ισορροπίας.

Εγκάρσια συνιστώσα(T_2): Ενώ η παράμετρος T_1 σχετίζεται με αλληλεπιδράσεις μεταξύ πυρήνων και του μοριακού τους περιβάλλοντος, η παράμετρος T_2 , γνωστή επίσης και ως χρόνος χαλάρωσης πρωτονίων-πρωτονίων(spín-spín relaxation time) ή εγκάρσιας χρόνος/χαλάρωσης(transverse relaxation time), έχει σχέση κυρίως με αλληλεπιδράσεις μεταξύ πυρήνων. Αμέσως μετά την διακοπή του παλμού RF, οι συνιστώσες $x-y$ θα περιστρέφονται με την ίδια ταχύτητα, δηλαδή με τη συχνότητα Larmor(συχνότητα των πυρήνων).

17.5 Ελεύθερη απόσβεση επαγωγής (Free Induction Decay-FID)

Ως ελεύθερη απόσβεση επαγωγής καλείτε το αποτέλεσμα των διεργασιών χαλάρωσης, δηλαδή της μη εξαναγκασμένης επανόδου της μαγνήτισης στην αρχική της θέση. Αυτή η ονομασία αποδίδεται και στο επαγωγικό ρεύμα το οποίο συνήθως αναφέρεται ως σήμα ελεύθερης απόσβεσης επαγωγής ή απόκριση ελεύθερης απόσβεσης επαγωγής. Για συντομία χρησιμοποιούνται οι συντμήσεις E.A.E. ή FID.

Η ταχύτητα της απόσβεσης χαρακτηρίζεται από το χρόνο χαλάρωσης T_2 . Εφόσον το σήμα E. A. E. έχει περιορισμένη χρονική διάρκεια μπορεί να χαρακτηριστεί παλμός.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΜΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟ-ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

18.1 Γενικά

18.2 Χωρική καταγραφή – ή Βαθμιδώσεις πεδίου-Πηνία βαθμίδας-Μετασχηματισμός Fourier

18.3 Βαθμιδωτά μαγνητικά πεδία(2D)

18.4 Αντίθεση εικόνας & Αλληλουχίες παλμών

18.5 Απεικόνιση πολλαπλών τομών & πολλαπλής ηχοδς

18.6 Απεικόνιση τριών διαστάσεων

18.7 Ποιότητα της εικόνας

18.8 Σκιαγραφικές ουσίες στον Μαγνητικό Συντονισμό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΜΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟ-ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

18.1 Γενικά

Οι αρχές των διαφόρων τεχνικών σχηματισμού διαγνωστικών εικόνων μαγνητικού συντονισμού βασίζονται στην επεξεργασία του σήματος E. A. E. Κατά τη μέχρι τώρα περιγραφή του φαινομένου του πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού θεωρήθηκε ότι ένα δείγμα κάποιου υλικού ευρισκόμενο μέσα σε ένα ισχυρό ομογενές μαγνητικό πεδίο B_0 , διεγείρετε (συντονίζεται) από ένα μαγνητικό παλμό B_1 και στη συνέχεια εκπέμπει ένα σήμα E. A. E. Το δείγμα αυτό θεωρήθηκε ότι ήταν πρακτικά ισοδύναμο με ένα σύνολο πρωτονίων του οποίου οι διαστάσεις ήταν αμελητέες. Αντίθετα στις ιατρικές απεικονίσεις το διεγειρόμενο δείγμα είναι το σώμα του ασθενούς, το οποίο βεβαίως καταλαμβάνει ορισμένο όγκο.

Σχεδόν όλες οι τεχνικές στη μαγνητική τομογραφία, που είναι σε χρήση σήμερα, κάνουν λήψη δεδομένων είτε από πολλαπλές τομές(2D), είτε από μια περιοχή όγκου του ιστού(3D). Στη συνέχεια θα αναπτυχθεί η διαδικασία σχηματισμού της εικόνας μέσω δισδιάστατης απεικόνισης.

18.2 Χωρική καταγραφή – Κλίμακες ή Βαθμιδώσεις πεδίου – Πηνία βαθμίδας – Μετασχηματισμός Fourier

Η εκ των προτέρων επεξήγηση των παραπάνω εννοιών κρίνεται απαραίτητη για την κατανόηση της διαδικασίας σχηματισμού εικόνας με μαγνητικό συντονισμό.

Χωρική καταγραφή(spatial registration) ή χωρική κωδικοποίηση(spatial encoding): Είναι οι διαδικασίες μέσω των οποίων προσδιορίζεται η περιοχή προέλευσης των σημάτων FID, και σχηματίζεται η τελική εικόνα.

Βαθμιδώσεις πεδίου(field gradients): Οι βαθμίδες πεδίου είναι πρόσθετα πεδία, πολύ ασθενέστερα από το B_0 , τα οποία μεταβάλλονται γραμμικά κατά μήκος μιας διεύθυνσης και τα οποία προστίθενται στο αρχικό B_0 και προκαλούν την μεταβολή του.

Πηνία βαθμίδας(*gradient coils*): Ονομάζονται τα πηνία βάσει των οποίων γίνεται ο σχηματισμός των βαθμίδων πεδίων. Τα πηνία αυτά είναι ενσωματωμένα στο απεικονιστικό σύστημα. Επειδή η εφαρμογή των βαθμίδων δεν είναι συνεχής, αλλά διαρκεί ορισμένο μόνο χρονικό διάστημα, χρησιμοποιείται ο όρος παλμός βαθμίδας(*gradient pulse*).

Μετασχηματισμός Fourier: Ο Jean Joseph Fourier, Γάλλος μαθηματικός και φυσικός, έζησε τα χρόνια της Γαλλικής Επανάστασης(1768-1830)και ανέπτυξε μαθηματική μέθοδο γνωστή με το όνομά του, με την οποία είναι δυνατή η ανάλυση σήματος σε λίγα μs . Ο μετασχηματισμός Fourier μας επιτρέπει να κατανοήσουμε την αιτία των ορίων της δυνατότητας επεξεργασίας κάθε συστήματος ψηφιακής απεικόνισης, συμπεριλαμβανομένης της M. T. Τα σήματα του μαγνητικού συντονισμού είναι ημιτονοειδείς συναρτήσεις που περιγράφονται από 3 παραμέτρους.

A) Amplitude(πλάτος): Είναι η διαφορά μεταξύ της κορυφής του κύματος και της γραμμής 0, μετράτε συνήθως σε mV.

B) Frequency(συχνότητα): Είναι ο αριθμός των συμπληρωμένων κύκλων ανά s και μετράτε σε Hz.

Γ) Phase(φάση): η φάση καθορίζει το αρχικό πλάτος ενός κύματος, μετράτε δε σε μοίρες.

Με δυο λόγια ο μετασχηματισμός Fourier φέρει σε πέρας την ανάλυση που απαιτείτε, έτσι ώστε να μετατραπεί η πληροφορία συχνότητας σε πληροφορία χωρικής εντόπισης και η πληροφορία φάσης επίσης σε πληροφορία χωρικής εντόπισης. Οι μαθηματικοί υπολογισμοί εκτελούνται ταχύτατα από τον H/Y και τον επεξεργαστή σειράς του συστήματος.

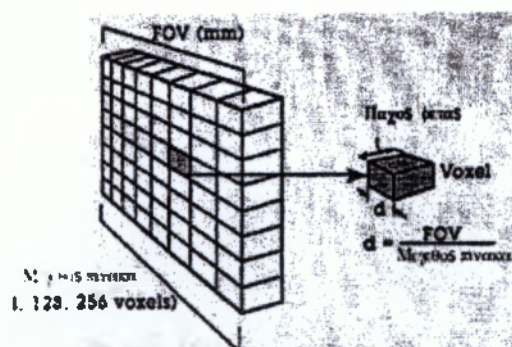
18.3 Βαθμιδωτά μαγνητικά πεδία (2D)

Όταν ο εξεταζόμενος εισέρχεται στο μαγνήτη, ο τεχνολόγος προσδιορίζει με φωτεινές δέσμες το ανατομικό σημείο που θα τοποθετηθεί στο κεντρικό σημείο του μαγνητικού πεδίου. Η διαδικασία αυτή λέγεται επικέντρωση(*landmarking*). Όταν τοποθετούμε έναν εξεταζόμενο στο τομογράφο, λόγω του σχετικά ομοιογενούς πεδίου, όλα τα πρωτόνια στο ανθρώπινο σώμα έχουν την ίδια συχνότητα Larmor και διεγείρονται από τον ίδιο ραδιοπαλμό. Όταν λαμβάνουμε τον ηλεκτρικό παλμό, που στην πράξη αποτελεί το σήμα MR, πρέπει να γνωρίζουμε από πιο σημείο του ανθρώπινου σώματος το πήραμε. Πώς το μαθαίνουμε αυτό; Η απάντηση δίνεται παρακάτω. Στην 2D χρησιμοποιούνται 3 βαθμιδωτά μαγνητικά πεδία.

Βαθμιδωτό πεδίο επιλογής τομής(slice selection gradient). Το πρώτο βήμα στην απεικόνιση με μαγνητική τομογραφία είναι η επιλεκτική διέγερση των πρωτονίων που περιλαμβάνονται σε μια τομή ιστού. Ας θυμηθούμε ότι η συχνότητα Larmor των πυρήνων μέσα σε ένα σχεδόν απόλυτα ομοιογενές μαγνητικό πεδίο ταυτίζονται και επομένως δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το χαρακτηρισμό διαφορετικών σημείων στο χώρο. Μπορούμε όμως να δημιουργήσουμε μια μονοσήμαντη αντιστοιχία μεταξύ σημείων στο χώρο και της συχνότητας Larmor, αν στο κυρίως μαγνητικό πεδίο προσθέσουμε ένα ή περισσότερα κεκλιμένα (γραμμικά μεταβαλλόμενα) ή βαθμιδωτά μαγνητικά πεδία. Το μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί την κλίση έχει μικρή ένταση, αλλά διαμορφώνεται από ειδικά πηνία κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αυξάνει γραμμικά κατά μια δεδομένη διεύθυνση. Δηλαδή ένα βαθμιδωτό μαγνητικό πεδίο εφαρμόζεται στο δείγμα και λίγο μετά παράγεται ένας παλμός RF 900 για την επιλεκτική διέγερση των πρωτονίων.

Βαθμιδωτό πεδίο ανάγνωσης(read-out gradient) ή κωδικοποίησης συχνότητας. Το δεύτερο βήμα στην απεικόνιση με μαγνητική τομογραφία είναι η καταγραφή συχνότητας(frequency encoding) και η καταγραφή φάσης(phase encoding). Με την εφαρμογή βαθμιδωτού πεδίου και του ραδιοπαλμού επιτυγχάνεται η λήψη σημάτων FID από μια φέτα του σώματος του εξεταζόμενου. Η θέση και το πάχος αυτής της φέτας μεταβάλλονται ανάλογα με τις ανάγκες της εξέτασης. Δεν υπάρχει όμως δυνατότητα προσδιορισμού του συγκεκριμένου σημείου της φέτας από το οποίο προέρχεται κάθε σήμα. Η διαδικασία απέχει πολύ από το σχηματισμό διαγνωστικής εικόνας. Ένα βήμα προς αυτήν την κατεύθυνση είναι η εφαρμογή πρόσθετων βαθμίδων πεδίου κατά μήκος των αξόνων x και y. Οι βαθμίδες αυτές εφαρμόζονται κατά τη διάρκεια της λεγόμενης φάσης ανάγνωσης(Read-out). Δηλαδή κατά τη μέτρηση (λήψη) των σημάτων FID. Το αποτέλεσμα είναι η μεταβολή της συχνότητας των σημάτων κατά μήκος των νέων διευθύνσεων μεταβολής του πεδίου. Δηλαδή τα σήματα δεν έχουν τη συχνότητα Larmor αλλά συχνότητες που καθορίζονται από τις πρόσθετες βαθμίδες. Σύμφωνα με την πρώτη τεχνική σχηματισμού εικόνας που προτάθηκε από τον Lauterbur(1973) οι δύο βαθμίδες(έστω G_x και G_y) εφαρμόζονται συγχρόνως και συνδυάζονται έτσι ώστε να δώσουν μια συνισταμένη βαθμίδα(έστω G_t) σταθερού μέτρου και μεταβλητής διεύθυνσης. Η τεχνική αυτή ονομάστηκε «Ζευματογραφία» και χρησιμοποιείται ελάχιστα στα σύγχρονα απεικονιστικά συστήματα. Η τελική εικόνα σχηματίζεται ύστερα από κατάλληλη μαθηματική επεξεργασία(μέθοδος ανακατασκευής εικόνας) των λαμβανομένων σημάτων FID. Η μαθηματική επεξεργασία συνίσταται στην εφαρμογή

της μεθόδου της οπισθοπροβολής(back projection)γνωστή από αντίστοιχες εφαρμογές στην υπολογιστική τομογραφία ακτίνων Χ. Με τη μέθοδο αυτή υπολογίζεται η ένταση I του σήματος που προέρχεται από κάθε στοιχείο εικόνας(pixel)ή στοιχείο όγκου(voxel). Ο H/Y διαχωρίζει την υπό απεικόνιση φέτα σε πολυάριθμα μικρά στοιχειώδη τμήματα σχήματος ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου(σχ. 18.1). Κάθε στοιχειώδη τμήμα ονομάζεται στοιχείο όγκου ή voxel(volume element). Η πρόσθια επιφάνεια κάθε voxel, που τελικά απεικονίζεται, ονομάζεται στοιχείο εικόνας ή pixel (picture element). Σε κάθε voxel αντιστοιχεί μια τιμή έντασης σήματος(σύμφωνα με τα δεδομένα). Εάν αυτή η ένταση είναι υψηλή τότε το αντίστοιχο pixel απεικονίζεται με «ανοιχτή» απόχρωση του γκρι(που τείνει προς το άσπρο). Αν η ένταση είναι χαμηλή τότε θα είναι σκούρο.



Σχ. 18.1 Σχηματική απεικόνιση της ψηφιακής εικόνας μιας τομής(φέτας) του απεικονιζόμενου αντικειμένου. Φαίνονται τα pixel και τα voxel.

Βαθμιδωτό πεδίο κωδικοποίησης φάσης(phase encoding gradient).Το τρίτο βήμα στην απεικόνιση με μαγνητική τομογραφία είναι η κωδικοποίηση ή καταγραφή της φάσης. Η καταγραφή της φάσης επιτυγχάνεται με την κατάλληλη εφαρμογή μιας βαθμίδας που ονομάζεται βαθμίδα καταγραφής ή κωδικοποίησης φάσης(phase encoding gradient-PEG). Η βαθμίδα αυτή εφαρμόζεται με σκοπό να προκαλέσει μεταβολή της φάσης του εκπεμπόμενου σήματος κατά μήκος της διεύθυνσης της βαθμίδας. Ουσιαστικά πρόκειται για μια βαθμίδα όπως αυτές που χρησιμοποιούνται για καταγραφή συχνότητας η οποία όμως εφαρμόζεται πριν από τη φάση ανάγνωσης. Δηλαδή, η αρχή της κωδικοποίησης φάσης βασίζεται στην περιοδική φύση της μεταπτωτικής κίνησης των πρωτονίων. Για να αντλήσουμε όλη την πληροφορία, το πεδίο κωδικοποίησης φάσης στρέφεται σε βήματα γύρω από την τομή, έτσι ώστε να πάρει πολλές προβολές. Ο αριθμός των βημάτων κωδικοποίησης φάσης ταυτίζεται

με τον πρώτο αριθμό της μήτρας². Ο αριθμός αυτός είναι σημαντικός γιατί σχετίζεται ευθέως με τη διάρκεια της εξέτασης.

Η διακριτική ικανότητα στον άξονα κωδικοποίησης φάσης εξαρτάται από 2 παραμέτρους, που μπορούν να καθοριστούν από το χρήστη ενός συστήματος M.T:

A. το πεδίο απεικόνισης (FOV)

B. τον αριθμό των βημάτων κωδικοποίησης φάσης(N) που περιέχεται στη μήτρα $\text{Pixel size} = \text{FOV}/N$.

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι καλύτερη διακριτική ικανότητα επιτυγχάνεται είτε μειώνοντας το πεδίο απεικόνισης, είτε αυξάνοντας τα βήματα κωδικοποίησης φάσης.

18.4 Αντίθεση εικόνας και αλληλουχίες παλμών

Η κλίμακα των αποχρώσεων του γκρι που χρησιμοποιείτε στο μαγνητικό συντονισμό βασίζεται στις διαβαθμίσεις της έντασης του μετρούμενου σήματος. Όπως προαναφέρθηκε υψηλές εντάσεις σήματος αντιστοιχούνται συνήθως σε χαμηλές αποχρώσεις. Δηλαδή παρουσιάζονται με «ανοιχτόχρωμες» αποχρώσεις του γκρι. Αντίθετα με ότι συμβαίνει στις απεικονιστικές μεθόδους με ακτίνες X, στην απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού οι παράμετροι που καθορίζουν την ένταση του σήματος είναι περισσότερες από μία. Η ένταση ή φωτεινότητα ενός pixel εξαρτάται:

1. Από τη λεγόμενη πυκνότητα spin ή πυκνότητα πρωτονίων ή γενικότερα πυκνότητα πυρήνων.
2. Από το χρόνο χαλάρωσης T1 .
- 3 Από το χρόνο χαλάρωσης T2 .
4. Από τη ροή. Δηλαδή την κίνηση ρευστών(π.χ. αίμα) μέσα στο σώμα του εξεταζομένου.

Οι αποχρώσεις του γκρι, και επομένως η αντίθεση(contrast) σε μια εικόνα καθορίζονται και από τη συγκεκριμένη αλληλουχία ή ακολουθία παλμών(pulse sequence) ή παλμοσειρά(που χρησιμοποιείτε για τη διέγερση των ιστών).

Στη καθημερινή πρακτική για να σχηματισθεί μια εικόνα εφαρμόζεται μια σειρά παλμών P. Σ. καθορισμένης χρονικής διάρκειας(παλμοί 900 ή 1800). Η χρονική

² Μήτρα δεδομένων: Τα σήματα καταγράφονται δειγματοληπτικά –με ψηφιοποίηση-και εκφράζονται υπό μορφή σειράς διακριτών αριθμητικών τιμών. Οι τελευταίες εκφράζουν ένταση σήματος FID και αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές. Αυτές οι αριθμητικές τιμές καταχωρούνται στις οριζόντιες σειρές μιας ψηφιακής μήτρας.

διάρκεια κάθε παλμού και τα χρονικά διαστήματα που μεσολαβούν μεταξύ παλμών παίζουν καθοριστικό ρόλο στην αντίθεση της εικόνας. Αυτοί ακριβώς οι παλμοί και τα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα χαρακτηρίζονται ως αλληλουχία ή ακολουθία παλμών. Με την εφαρμογή των αλληλουχιών αυτών προκύπτουν ορισμένες ακόμα παράμετροι που επηρεάζουν την ένταση και την φωτεινότητα κάθε pixel. Οι παράμετροι αυτές δεν είναι ενδογενείς-δηλαδή δεν είναι φυσικά χαρακτηριστικά των ιστών- αλλά παράμετροι που επιλέγονται από το χειριστή του μηχανήματος με κατάλληλες ρυθμίσεις. Πρέπει επίσης να τονιστεί ότι οι αλληλουχίες παλμών είναι ανεξάρτητες τόσο από τον τρόπο λήψης του σήματος FID όσο και από τις μαθηματικές μεθόδους ανακατασκευής εικόνας.

Αλληλουχίες παλμών: Οι σημαντικότερες αλληλουχίες παλμών που χρησιμοποιούνται στην απεικόνιση μαγνητικού συντονισμού είναι: α) «Ανάκτηση κορεσμού»(saturation recovery – SR), β) η «ανάκτηση αναστροφής»(inversion recovery- IR), γ) η « ηχώ spin » (spin echo – SE) και δ) η ηχώ βαθμίδας(gradient echo).

A) Ανάκτηση κορεσμού(SR). Είναι η πιο απλή αλληλουχία παλμών. Συνίσταται από δύο παλμούς 900 που διαχωρίζονται από ένα χρονικό διάστημα τ . Συχνά χρησιμοποιείτε ο συμβολισμός 900- τ -900. Το ζεύγος των 2 παλμών επαναλαμβάνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα, TR (time repetition), έτσι ώστε να φαίνεται ότι πρόκειται για μια αλληλουχία αλληπαλλήλων παλμών 900. Το χρονικό διάστημα TR ονομάζεται «χρόνος επανάληψης».

B) Ανάκτηση αναστροφής(IR). Η μέθοδος χρησιμοποιεί την ίδια αρχή με την ανάκτηση κορεσμού, δηλαδή την επανάληψη του παλμού RF προτού ολοκληρωθεί η χαλάρωση T1. Χρησιμοποιούνται όμως δύο διαφορετικοί παλμοί σε κάθε ακολουθία. Αρχικά, ένας παλμός 1800 αναστρέφει την ευθυγράμμιση των πυρήνων. Και σε αυτήν την αλληλουχία η επιλογή πολύ μεγάλου χρόνου τ ελατώνει την αντίθεση. Σε τέτοιες περιπτώσεις η αντίθεση βασίζεται μόνο στις διαφορές πυκνότητας πρωτονίων. Στην αλληλουχία IR απαιτούνται μεγαλύτεροι χρόνοι λήψης(χρονική διάρκεια εξέτασης)από την SR αλλά ενισχύεται η αντίθεση μεταξύ δύο τύπων ιστών και διευρύνεται η δυναμική περιοχή (εύρος τιμών) του λαμβανόμενου σήματος.

Γ) Ακολουθία παλμών spin echo. Είναι η πλέον γνωστή αλλά και χρησιμοποιούμενη ακολουθία παλμών. Η βασική σύνθεση περιλαμβάνει έναν παλμό διέγερσης 900 και έναν ή περισσότερους παλμούς 1800 επανεστίασης για τη δημιουργία της ηχούς. Για κάθε ηχώ απαιτείτε ένας παλμός 1800. Η ακολουθία χρησιμοποιείται για τη λήψη σήματος με ισχυρή εξάρτηση ως προς T2. Όπως ήδη αναφέρθηκε, η απόσβεση του σήματος (FID) εξαρτάται κυρίως από την παράμετρο T2. Δυστυχώς, στην πράξη, η απόσβεση του

σήματος επιτυγχάνεται λόγω ανομοιογενειών του κυρίως μαγνητικού πεδίου. Παρ' όλες τις ανομοιογένειες μπορούμε να μετρήσουμε τον πραγματικό χρόνο αποκατάστασης T2, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο SE(spin echo). Τρεις τύποι ακολουθιών SE χρησιμοποιούνται:

1. Τυπική SE(standard spin echo). Εφαρμόζεται για τη δημιουργία T1 προσανατολισμού. Κάθε ηχώ μετράτε με τον ίδιο χρόνο TE³, αλλά κάθε φορά με διαφορετική ένταση του βαθμιδωτού πεδίου κωδικοποίησης φάσης.

2. Τυπική(standard multi-echo). Για κάθε επιπλέον ηχώ που επιθυμεί ο χρήστης, εφαρμόζεται ένας παλμός 1800 αντίστοιχα. Οι διαφορές από τη μία ηχώ ως την επόμενη, οφείλεται στη χαλάρωση T2. Η ακολουθία εφαρμόζεται για τη δημιουργία εικόνων πυκνότητας πρωτονίων με βραχύ χρόνο TE και T2 προσανατολισμού με μεγάλο χρόνο TE.

3. Fast ή turbo spin- echo. Πρόκειται για μια ταχεία ακολουθία που κυρίως αναδεικνύουν παθολογία, σε μικρότερους χρόνους. Με τη τεχνική FSE αντί για τη λήψη μιας ηχούς μετά τον παλμό RF 1800 η ακολουθία FSE λαμβάνει μέχρι 128 ηχώ. Ο αριθμός αυτός είναι γνωστός ως μήκος σειράς ηχούς ή παράγοντας επιτάχυνσης. Επίσης αντί για εφαρμογή ενός βαθμιδωτού πεδίου κωδικοποίησης φάσης μετά από κάθε διέγερση με παλμό 900 όπως στην SE, στην FSE εφαρμόζεται ένα νέο πεδίο κωδικοποίησης φάσης πριν από τη λήψη κάθε σήματος spin-echo. Επομένως, κάθε spin-echo λαμβάνεται με διαφορετικό βαθμιδωτό πεδίο.

Δ. Ηχώ βαθμίδας. Στις τεχνικές αυτές χρησιμοποιούνται βαθμίδες(παλμοί βαθμίδας) με στόχο την απώλεια ή την αποκατάσταση της συμφασικότητας(συγχρονισμού) των μαγνητικών ροπών των πρωτονίων. Μετά την εφαρμογή ενός παλμού Ρ. Σ. περιορισμένης γωνίας και την εφαρμογή της βαθμίδας επιλογής τομής, εφαρμόζεται μια βαθμίδα κωδικοποίησης φάσης και μια αρνητική βαθμίδα. Η επανεστίαση(αποκατάσταση της συμφασικότητας) προκαλεί ένα σήμα που ονομάζεται ηχώ βαθμίδας ή ηχώ πεδίου.

18.5 Απεικόνιση πολλαπλών τιμών και πολλαπλής ηχούς

Με τις τεχνικές απεικόνισης πολλαπλών τομών(multislice imaging) γίνεται προσπάθεια να μη περάσει ανεκμετάλλευτο το χρονικό διάστημα μεταξύ του χρόνου TE και της

³ Time to echo: Το σήμα MR ανιχνεύεται μετά από την εφαρμογή των παλμών επί το χρονικό διάστημα TE.

λήξης του TR^4 (έναρξη της εφαρμογής αλληλουχίας για δεύτερη φορά). Οι αλληλουχίες αυτές εφαρμόζονται έτσι ώστε να διεγείρονται και να απεικονίζονται τομές σε διαφορετικές περιοχές. Με τον τρόπο αυτό καλύπτεται η απεικόνιση (υπό μορφή τομών) μιας ευρύτερης περιοχής του σώματος σε πολύ συντομότερο χρονικό διάστημα.

Στην ίδια χρονική περίοδο $TR-TE$ υπάρχει δυνατότητα να εφαρμοσθεί η τεχνική της απεικόνισης πολλαπλής ηχούς (multiecho imaging). Η τεχνική αυτή συνίσταται στην εφαρμογή περισσοτέρων του ενός παλμών 1800, μετά την εφαρμογή του αρχικού παλμού 900. Μετά το πέρας κάθε παλμού 1800 λαμβάνεται ένα σήμα FID. Συνεπώς με τον τρόπο αυτό μπορούν να σχηματίζονται περισσότερες από μία εικόνες κάθε μια από τις οποίες αντιστοιχεί σε διαφορετικό TE .

Οι τεχνικές των πολλαπλών τομών και πολλαπλής ηχούς μπορούν να ενοποιηθούν σε μια ενιαία τεχνική πολλαπλών τομών πολλαπλής ηχούς (multislice multiecho spin – echo technique). Τέλος κατά τη λήψη πολλαπλών τομών πρέπει να αποδίδεται ιδιαίτερη προσοχή στις ενδιάμεσες αποστάσεις μεταξύ τομών. Θα πρέπει δηλαδή η εκάστοτε εικόνα να μην περιλαμβάνει σήματα από άλλες τομές αν αυτές αντιστοιχούν σε παραπλήσια συχνότητα (και μικρή απόσταση).

18.6 Απεικόνιση τριών διαστάσεων

Με τον όρο αυτό χαρακτηρίζεται η τεχνική κατά την οποία οι παλμοί $P. \Sigma$ εφαρμόζονται χωρίς την παρουσία της επιλεκτικής διέγερσης. Συνεπώς διεγείρετε (συντονίζεται) ολόκληρος ο όγκος του υπό απεικόνιση σώματος. Η υποδιαίρεση του συνολικού όγκου σε τομές επιτυγχάνεται με την εφαρμογή πρόσθετων βαθμίδων κωδικοποίησης φάσης. Οι βαθμίδες αυτές εφαρμόζονται κατά την διάρκεια της εφαρμογής της βαθμίδας κωδικοποίησης φάσης. Στην πράξη απαιτείτε ένας αρκετά μεγάλος αριθμός παλμών βαθμίδας.

18.7 Ποιότητα της εικόνας

Η ποιότητα μιας εικόνας $M. T.$ δεν κρίνεται από την οπτική εντύπωση, αλλά από την κλινική αποτελεσματικότητα. Η διαγνωστική δυνατότητα μιας εικόνας $M. T.$ καθορίζεται από τρεις παράγοντες:

⁴ Μια ακολουθία παλμών αποτελείται από μια σειρά διαδοχικών παλμών 90° , 180° και γενικότερα θ° , μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται ένα χρονικό διάστημα καθυστέρησης TR .

Το λόγο σήμα /θόρυβος.

Την αντίθεση μεταξύ γειτονικών ιστών στην περιοχή ενδιαφέροντος.

Τη Χωρική Διακριτική Ικανότητα⁵.

Όλες οι παραπάνω παράμετροι επηρεάζονται από εσωτερικά χαρακτηριστικά, που σχετίζονται με τη χημεία των ιστών και από αλλαγές που εισάγει στο σύστημα ο χρήστης με το υπάρχον λογισμικό. Οι παράμετροι αυτές διακρίνονται σε εσωτερικές, όταν τροποποιούν το σήμα από ένα στοιχειακό όγκο (voxel) ιστού και εξωτερικές, όταν καθορίζουν τη μέθοδο συλλογής δεδομένων (π. χ. μέγεθος στοιχειακού όγκου).

Μια εικόνα συγκροτείται από πολλά pixels (στοιχεία εικόνας), των οποίων η φωτεινότητα είναι αποτέλεσμα της έντασης του σήματος που προέρχεται από τον αντίστοιχο στοιχειακό όγκο του ιστού. Όσο ισχυρότερο είναι το σήμα, τόσο φωτεινότερο το σημείο αυτό της εικόνας. Για την εκτίμηση περιοχής που παρουσιάζει ισχυρό σήμα, απαιτείται η εξαιρετική γνώση του φυσιολογικού ιστού ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη τεχνική απεικόνισης. Κάθε στοιχείο εικόνας (pixel), εκτός απ' τη φωτεινότητα, που συχνά ονομάζεται χαρακτήρας, αποδίδει συγκεκριμένη εντόπιση και επομένως ανατομική δομή. Ωστόσο, η ανάδειξη της ανατομικής δομής είναι ανεξάρτητη της τεχνικής απεικόνισης με Μ. Τ. και αφορά γεωμετρικούς παράγοντες όπως η εντόπιση, το μέγεθος και η μορφολογία. Σε εικόνες Μ. Τ. η φωτεινότητα του στοιχείου εικόνας έχει σχέση με την ένταση του σήματος που δημιουργείται στον αντίστοιχο στοιχειακό όγκο από μια συγκεκριμένη ακολουθία παλμών. Σε κάθε εικόνα Μ. Τ. αναγράφεται συνήθως ο τύπος της ακολουθίας παλμών που χρησιμοποιήθηκε, οι τιμές των παραμέτρων TR και TE, το πεδίο απεικόνισης⁶, η γωνία θ, το πάχος τομής⁷, και η μήτρα⁸ κ. τ. λ.

18.8 Σκιαγραφικές ουσίες στον μαγνητικό συντονισμό

Πρόκειται για ουσίες που χρησιμοποιούνται, όπως και στις άλλες απεικονιστικές μεθόδους για ενίσχυση της αντίθεσης μεταξύ δυο ιστών. Οι ουσίες που χρησιμοποιούνται

⁵ Χωρική διακριτική ικανότητα είναι η δυνατότητα ενός συστήματος Μ. Τ. να διακρίνει τη μικρότερη δυνατή απόσταση μεταξύ δύο ανατομικών δομών.

⁶ Προσδιορίζει την περιοχή από την οποία δειγματοληπτούμε το σήμα.

⁷ Μετράτε σε mm και είναι ο όγκος του ιστού στον άξονα του πεδίου επιλογής τομής που απορροφά την ενέργεια RF. Η μεταβολή του πάχους τομής επιτυγχάνεται συνήθως μεταβάλλοντας την ένταση του βαθμιδωτού πεδίου.

⁸ Μήτρα δεδομένων: Διαιρεί το πεδίο απεικόνισης σε διακριτές περιοχές, οι οποίες σε συνδυασμό με το πάχος τομής, καθορίζουν το στοιχειακό όγκο & Μήτρα απεικόνισης: Ισάριθμες στήλες και σειρές (τετράγωνη) η αντιστοίχιση των οποίων στην κωδικοποίηση φάσης και συχνότητας καθορίζεται από το χρήστη.

στο μαγνητικό συντονισμό διαφέρουν τελείως από αυτές των ακτίνων Χ. Μια βασική διαφορά είναι ο μηχανισμός μέσω του οποίου επιτυγχάνεται η ενίσχυση της αντίθεσης. Στο μαγνητικό συντονισμό η ενίσχυση της αντίθεσης βασίζεται στη μεταβολή των χρόνων T1 και T2.

Οι χρησιμοποιούμενες ουσίες είναι κυρίως παραμαγνητικά ιόντα που διαθέτουν ένα ασύζευτο ηλεκτρόνιο. Το ηλεκτρόνιο αυτό έχει μεγάλη μαγνητική ροπή. Όταν μια παραμαγνητική ουσία βρεθεί μέσα σε μαγνητικό πεδίο (B_0) οι μαγνητικές ροπές προσανατολίζονται παράλληλα με τις δυναμικές γραμμές του πεδίου. Το αποτέλεσμα είναι η μεταβολή της έντασης του τοπικού πεδίου με αντίστοιχες μεταβολές στους χρόνους T1 και T2 των γειτονικών ιστών (που παρουσιάζουν διαγνωστικό ενδιαφέρον). Αυτό που ενδιαφέρει, ως προς την ενίσχυση της αντίθεσης είναι η ελάττωση του χρόνου T1. Η ελάττωση αυτή έχει ως αποτέλεσμα την ενίσχυση του σήματος που προέρχεται από τον εξεταζόμενο ιστό ενώ αντίθετα ένα συχνά ανεπιθύμητο αποτέλεσμα της παραμαγνητικής αλληλεπίδρασης είναι η παράλληλη ελάττωση του χρόνου T2 που ελαττώνει την ένταση του σήματος.

Η χορήγηση των σκιαγραφικών ουσιών μπορεί να γίνει με ενδοαγγειακή έγχυση, από το στόμα ή και με εισπνοή. Ως σκιαγραφικά ενδοαγγειακής έγχυσης έχουν προταθεί τα ιόντα Γαδολινίου (Gd^{3+}), Χρωμίου (Cr^{3+}) και Μαγγανίου (Mn^{2+}) συνδεδεμένα με χημικά σύμπλοκα όπως EDTA και DTPA, καθώς επίσης και ελεύθερες σταθερές ρίζες μονοξειδίου του Αζώτου και κυρίως τα παράγωγα πιπεριδίνη και πυρρολιδίνη. Ως ουσίες χορηγούμενες από το στόμα έχουν προταθεί: διαλυτά μεταλλικά σύμβολα ιόντων και αδιάλυτες ουσίες. Τέλος για χορήγηση με εισπνοή έχει προταθεί το μοριακό οξυγόνο το οποίο διαθέτει δύο ασύζευκτα ηλεκτρόνια (με παράλληλα spin) και συνεπώς είναι παραμαγνητικό.

Εκτός από τις σκιαγραφικές ουσίες που επηρεάζουν την πυκνότητα πρωτονίων χωρίς όμως σημαντικές εφαρμογές μέχρι στιγμής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 19

ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΥ - ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ

19.1 Γενικά

19.2 Μαγνητικά πεδία

19.3 Βασικά χαρακτηριστικά μαγνητών

19.4 Ο ρόλος της έντασης του στατικού μαγνητικού πεδίου

19.5 Ομοιομορφία(ομοιογένεια)στατικού μαγνητικού πεδίου.

**19.6 Βασική δομή ενός συστήματος απεικόνισης μαγνητικού
συντονισμού(Οργανολογία)**

19.7 Είδη πηνίων του συστήματος απεικόνισης Μαγνητικού Συντονισμού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 19

ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΥ -ΟΡΓΑΝΟΛΟΓΙΑ

19.1 Γενικά

Οι εμπορικά διαθέσιμοι μαγνητικοί τομογράφοι ποικίλλουν σε δυνατότητες και βασική τεχνολογία. Ωστόσο, υπάρχουν βασικά τμήματα που διαθέτουν όλα τα συστήματα(σχ. 19.1)

Μαγνήτης, για την παραγωγή του στατικού μαγνητικού πεδίου.

Σύστημα βαθμιδωτών μαγνητικών πεδίων, που αποτελείτε από ενισχυτή και πηνία, για τη χωρική κωδικοποίηση του σήματος.

Σύστημα RF, που αποτελείται από ενισχυτή, πηνία εκπομπής για τη διέγερση των πυρήνων και πηνία δέκτες του σήματος.

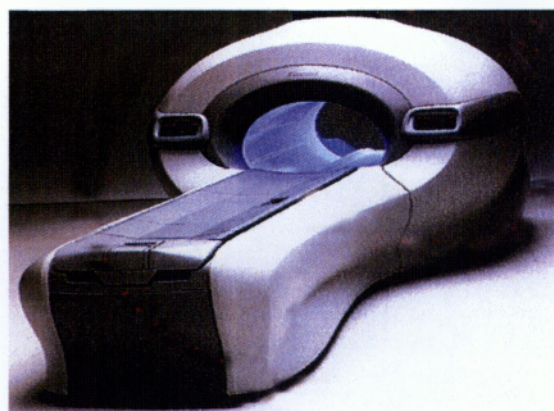
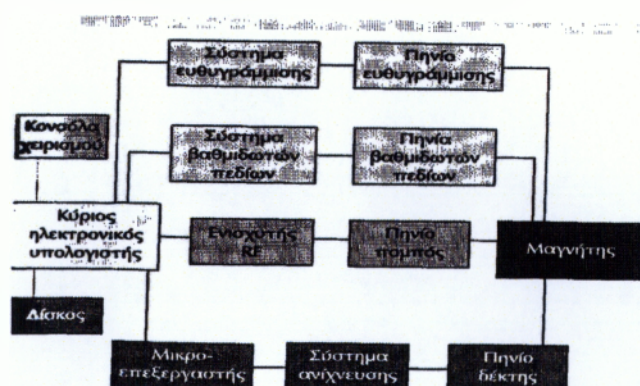
Σύστημα H/Y.

Κονσόλα χειρισμού, κονσόλα διαγνωστική, σύστημα αποθήκευσης.

Περιφερειακές συσκευές παρακολούθησης ασθενούς και φυσιολογικών παραμέτρων του.

Θωράκιση μαγνητικού πεδίου.

Θωράκιση συστήματος RF.



Σχ.19.1 Σχηματική αναπαράσταση συγκροτήματος MT

19.2 Μαγνητικά πεδία

Τα μαγνητικά πεδία περιγράφονται από το διανυσματικό φυσικό μέγεθος της μαγνητικής επαγωγής(magnetic induction) B . Ο πλέον συνήθης τρόπος παραγωγής μαγνητικού πεδίου είναι μέσω ροής φορτισμένων σωματιδίων, π. χ. ηλεκτρικό ρεύμα. Κάθε ρευματοφόρος αγωγός δημιουργεί στο περιβάλλον του μαγνητικό πεδίο. Το πεδίο αυτό έχει δυναμικές γραμμές κάθετες στη διεύθυνση ροής του ρεύματος και στην απόσταση από τον αγωγό. Η δημιουργία του μαγνητικού πεδίου μπορεί να γίνει με την χρήση μόνιμων μαγνητών ή ηλεκτρομαγνητών.

19.3 Βασικά χαρακτηριστικά μαγνητών

Τα βασικότερα χαρακτηριστικά ενός συστήματος μαγνήτη είναι:

Η ένταση του παραγόμενου μαγνητικού πεδίου(συνήα χρησιμοποιείτε ο όρος μαγνητική επαγωγή). Η μονάδα μέτρησης της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι το Tesla(T) και τι gauss(G). $1T=10000G$.

Η ομοιογένεια – ομοιομορφία και η χρονική σταθερότητα του πεδίου.

Οι διαστάσεις του χώρου, γύρω από το απεικονιστικό σύστημα, στον οποίο εκτείνεται το μαγνητικό πεδίο.

Οι διαστάσεις του μαγνήτη.

Το βάρος του μαγνήτη.

Το κόστος λειτουργίας, δηλαδή κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος, υλικά ψύξης, (κρυογενή⁹, νερό για τους μαγνήτες αντιστάσεως)

Τα προβλήματα που παρουσιάζονται κατά τη σχεδίαση των χώρων εγκατάστασης ενός μαγνήτη.

19.4 Ο ρόλος της έντασης του στατικού μαγνητικού πεδίου

Η ένταση του στατικού μαγνητικού πεδίου(B_0) επηρεάζει την ένταση του ανιχνευόμενου σήματος FID(Ελεύθερη Απόσβεση Επαγωγής). Γενικά ισχύει ο κανόνας, μεγαλύτερη ένταση πεδίου-ισχυρότερο σήμα FID-καλύτερη ποιότητα εικόνας. Αύξηση της έντασης του πεδίου προκαλεί αύξηση του αριθμού των προσανατολισμένων

⁹ Υγρά πολύ χαμηλής θερμοκρασίας που χρησιμοποιούνται στους υπεραγώγιμους μαγνήτες.

πρωτονίων(και της πυκνότητας spin). Από τον αριθμό αυτό εξαρτάται η συνολική μαγνήτιση M η οποία καθορίζει την ένταση του σήματος FID.

Εκτός από την ένταση του σήματος, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ακριβής σχέση του μεγέθους «Λόγος σήματος προς θόρυβο»(Signal to noise ratio –SNR) με την ένταση του στατικού πεδίου. Ο SNR εκφράζει το λόγο της ποσότητας της διαγνωστικά χρήσιμης πληροφορίας(σήμα) προς την άχρηστη πληροφορία(θόρυβος). Πάντως πρέπει να τονιστεί ότι ο κανόνας, μεγαλύτερη ένταση πεδίου-ισχυρότερο σήμα-καλύτερη ποιότητα εικόνας έχει ορισμένους βασικούς περιορισμούς. Τέτοιου είδους περιορισμοί είναι η απορρόφηση και συνεπώς η εξασθένηση του σήματος από τους ιστούς αυξάνει στις υψηλές συχνότητες(άρα και στις υψηλές εντάσεις πεδίου). Ένα μέγεθος που εκφράζει την απορρόφηση είναι ο ειδικός ρυθμός απορρόφησης(SAR-Specific absorption rate). Επίσης το επίπεδο του θορύβου αυξάνεται στις υψηλές εντάσεις πεδίου με αποτέλεσμα την ελάττωση του λόγου SNR. Μια σημαντική συνιστώσα θορύβου πηγάζει από το σώμα του ασθενούς και δεν είναι δυνατή η εξάλειψή της με ηλεκτρονικά μέσα. Άλλος περιορισμός είναι οι χρόνοι χαλάρωσης που επηρεάζονται από την ένταση του μαγνητικού πεδίου. Οι χρόνοι T1 επιμηκύνονται σε ισχυρά πεδία. Τέλος οι λεγόμενες ψευδενδείξεις κίνησης(motion artifacts) είναι περισσότερο έκδηλες στα ισχυρά πεδία. Ως ψευδενδείξεις κίνησης χαρακτηρίζονται ορισμένα προβλήματα που παρουσιάζονται στην εικόνα εξ' αιτίας κάποιας κίνησης του ασθενούς κατά τη λήψη των εικόνων.

19.5 Ομοιομορφία (ομοιογένεια) στατικού μαγνητικού πεδίου

Πολύ σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό εικόνας υψηλής ποιότητας έχει η σταθερότητα της έντασης του μαγνητικού πεδίου στο χώρο(ομοιομορφία-field uniformity, ομοιογένεια-field homogeneity). Οι ανομοιογένειες του μαγνητικού πεδίου προκαλούν μεταβολές στην τιμή της συχνότητας Larmor και επιτάχυνση της απόσβεσης του σήματος FID.

Η επίδραση αυτών των ανομοιογενειών στην ποιότητα της διαγνωστικής εικόνας εξαρτάται και από τη μέθοδο ανασχηματισμού εικόνας που εφαρμόζει το κάθε απεικονιστικό σύστημα π. χ. εάν χρησιμοποιείται η μέθοδος οπισθοπροβολής προκαλούνται ασάφειες στην εικόνα. Αντίθετα εάν εφαρμόζεται η μέθοδος του δυσδιάστατου ή τρισδιάστατου μετασχηματισμού Fourier(2DFT-3DFT)προκαλούνται μόνο γεωμετρικές παραμορφώσεις. Στις περισσότερες μάλιστα περιπτώσεις οι

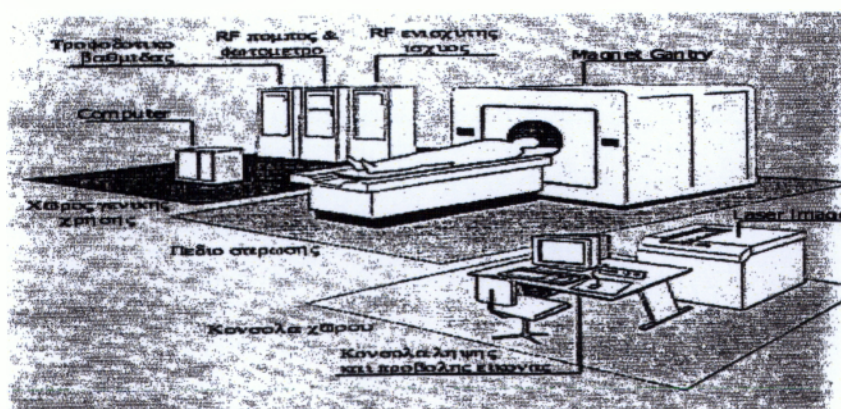
προκαλούμενες παραμορφώσεις διορθώνονται. Ένας άλλος τρόπος έκφρασης της ομοιογένειας είναι η τιμή της διαμέτρου του σφαιρικού όγκου –DSV(Diameter of Spherical Volume), που μπορεί να απεικονισθεί ικανοποιητικά.

Επίσης πολύ σημαντική στην ποιότητα της εικόνας είναι η χρονική σταθερότητα της ομοιογένειας. Μεταβολές του μαγνητικού πεδίου κατά τη διάρκεια της διαδικασίας απεικόνισης προκαλούν σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας εικόνας. Μεγάλη χρονική σταθερότητα παρουσιάζουν οι υπεράγωγιμοι μαγνήτες(θα αναφερθώ εκτενέστερα παρακάτω). Τέλος θα πρέπει να σημειώσουμε ότι η έλλειψη ομοιομορφίας του στατικού μαγνητικού πεδίου πηγάζει από κατασκευαστικές ατέλειες του βασικού μαγνήτη, από την παρουσία σιδηρομαγνητικού υλικού κοντά στο μαγνήτη που παραμορφώνει με τη σειρά του το μαγνητικό πεδίο.

19.6 Βασική δομή ενός συστήματος απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού (οργανολογία)

Η δομή ενός απεικονιστικού συστήματος μαγνητικού συντονισμού παρουσιάζεται υπό μορφή διαγράμματος στο σχ. 19.2. Η κύρια συνιστώσα του συστήματος είναι ο βασικός μαγνήτης που παράγει το εξωτερικό στατικό πεδίο B_0 . Υπάρχουν τρεις τύποι μαγνητών που χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα συστήματα απεικόνισης:

1. Μόνιμοι μαγνήτες(Permanent magnets)
2. Υπεραγώγιμοι μαγνήτες(Superconductive magnets)
3. Μαγνήτες αντιστάσεως(Resistive magnets) ή κλασικοί ηλεκτρομαγνήτες.



Σχ.19.2 Κύρια μέρη απεικονιστικού συστήματος μαγνητικού συντονισμού

Μόνιμοι μαγνήτες: Οι μόνιμοι μαγνήτες χρησιμοποιούνται από λίγες κατασκευάστριες εταιρείες. Αποτελούν (ως προς τα συστήματα απεικόνισης) σχετικά νέο τύπο μαγνήτη του οποίου οι δυνατότητες βρίσκονται ακόμα στο στάδιο της μελέτης. Χρησιμοποιούνται συχνά στους λεγόμενους ανοιχτούς μαγνήτες (open magnets). Οι ανοιχτοί μαγνήτες είναι συστήματα στα οποία το κύριο σώμα (gantry) του μηχανήματος φέρει μεγάλο άνοιγμα που εκτείνεται έως και τις πλευρικές επιφάνειες του μηχανήματος. Με τον τρόπο αυτό διευκολύνεται η πρόσβαση των ιατρών προς τον ασθενή και αποφεύγονται φαινόμενα κλειστοφοβίας.

Βασικό πλεονέκτημα των μόνιμων μαγνητών είναι ο περιορισμός του μαγνητικού πεδίου πρακτικά μέσα στο σώμα του ίδιου του μαγνήτη που είναι κατασκευασμένο από σιδηρομαγνητικό υλικό. Ένα δεύτερο πλεονέκτημα θεωρείται η κατακόρυφη διεύθυνση του παραγόμενου πεδίου B_0 . Αυτό επιτρέπει τη χρήση του πηνίου πομπού-δέκτη P. Σ. σωληνοειδούς σχήματος το οποίο έχει υψηλό λόγο σήματος προς θόρυβο (SNR). Για πεδία ίσης έντασης ο λόγος SNR μπορεί να είναι δύο έως τρεις φορές καλύτερος στην περίπτωση σωληνοειδούς πηνίου. Πλεονέκτημα είναι επίσης το χαμηλό (σε σχέση με τους υπεραγωγίσιμους) κόστος αγοράς και το σχεδόν μηδενικό κόστος λειτουργίας (ούτε ηλεκτρική ισχύς ούτε «κρυογενή» υγρά).

Μειονεκτήματα των μόνιμων μαγνητών είναι το μεγάλο βάρος (λόγω του σιδηρομαγνητικού υλικού) που φθάνει στους 100 τόνους. Η μέγιστη τιμή του αναπτυσσόμενου μαγνητικού πεδίου δεν ξεπερνά τα 0,3 T. Κάτι τέτοιο δεν μπορεί να θεωρηθεί κατ' ανάγκη ως μειονέκτημα δεδομένου ότι και σε χαμηλές εντάσεις πεδίου μπορούν να ληφθούν υψηλής ποιότητας εικόνες. Μειονέκτημα πάντως θεωρείται η ευαισθησία του μαγνήτη στις μεταβολές της θερμοκρασίας. Αυτό βεβαίως επιβάλλει διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας στους χώρους εγκατάστασης του συστήματος. Επίσης η μαγνήτιση του σιδηρομαγνητικού υλικού ελαττώνεται με την πάροδο του χρόνου, χωρίς όμως ουσιαστική επίδραση στην απόδοση του συστήματος.

Μια βελτίωση των μόνιμων μαγνητών θεωρούνται οι λεγόμενοι «υβριδικοί μαγνήτες» (hybrid magnets). Πρόκειται για ένα συνδυασμό μόνιμου μαγνήτη με τη διαφορά ότι στους πόλους N και S υπάρχει περιέλιξη σύρματος. Κατ' αυτόν τον τρόπο σχηματίζονται 2 πηνία. Ο ρόλος αυτών των πηνίων είναι συμπληρωματικός. Το αποτέλεσμα μιας τέτοιας διάταξης είναι σχηματισμός ισχυρότερων πεδίων (0,4T). Επίσης η κατανάλωση ισχύος είναι μικρότερη απ' ό,τι στους μαγνήτες αντιστάσεως.

Υπεραγωγιμοί μαγνήτες : Είναι ένας μαγνήτης, το μαγνητικό πεδίο του οποίου δημιουργείτε από τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από ένα σωληνοειδές σύρμα

κατασκευασμένο από ειδικό κράμα, του οποίου η ηλεκτρική αντίσταση μηδενίζεται σε θερμοκρασίες κοντά στο απόλυτο μηδέν ($-2730\text{ }^{\circ}\text{C}$). Για να επιτευχθεί αυτό, ο μαγνήτης βυθίζεται σε ένα ειδικό σύστημα που περιέχει υγροποιημένο ήλιο. Με αυτόν τον τρόπο, διατηρώντας μηδενική την ηλεκτρική αντίσταση του σωληνοειδούς, πρακτικά όλη η ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος μετατρέπεται σε ενέργεια μαγνητικού πεδίου.

Πλεονεκτήματα αποτελούν τα ισχυρά μαγνητικά πεδία, η πολύ καλή ομοιογένεια πεδίου, η μεγάλη σταθερότητα πεδίου, η δυνατότητα φασματοσκοπίας *in vitro*¹⁰ λόγω ισχυρών πεδίων και περιορισμένες ενεργειακές ανάγκες.

Επίσης εκτός απ' τα πλεονεκτήματα υπάρχουν και μειονεκτήματα που αξίζει να αναφερθούν όπως το υψηλός κόστος αγοράς-εγκατάστασης-συντήρησης, η πιθανότητα απόπνιξης σύμφωνα με την οποία το έντονο ηλεκτρικό ρεύμα προκαλεί την ανάπτυξη θερμότητας και υπάρχει κίνδυνος καταστροφής του σύρματος που καλύπτει τον μαγνήτη. Ενδεικτικά αναφέρω ότι το σύρμα περιβάλλεται από χαλκό και βυθίζεται σε υγρό ήλιο¹¹ για ψύξη. Ο χαλκός έχει υψηλή ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα και προστατεύει το σύρμα Νιοβίου – Τιτανίου σε περιπτώσεις απώλειας της κατάστασης υπεραγωγιμότητας.

Μαγνήτες αντιστάσεως: Πρόκειται για τους μαγνήτες που χρησιμοποιήθηκαν στα πρώτα συστήματα μαγνητικού συντονισμού. Αποτελούνται από μια σειρά πηνίων (4 ή 6) που διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα. Τα σχηματιζόμενο μαγνητικό πεδίο έχει ένταση ανάλογη με την ένταση αυτού του ρεύματος. Το εσωτερικό των πηνίων (πυρήνας) είναι κενό (air core magnet). Μέσα σε αυτό εισάγεται ο ασθενής σε οριζόντια θέση. Το υλικό των πηνίων μπορεί να είναι ανοδιωμένο αλουμίνιο ή σε ορισμένες περιπτώσεις χαλκός. Η ηλεκτρική ισχύς που απαιτείται για να επιτευχθεί ορισμένη τιμή μαγνητικού πεδίου αυξάνεται όταν η διάμετρος του πηνίου είναι μεγάλη. Συγχρόνως στο υλικό του πηνίου αναπτύσσονται υψηλές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα να απαιτείται υψηλή ροή ύδατος για απαγωγή της θερμότητας. Οι αυξημένες απαιτήσεις ισχύος και ύδατος καθιστούν πρακτικά αδύνατη την παραγωγή πεδίων ισχυρότερων από 0,2T. Επίσης για τον ίδιο λόγο περιορίζεται και η διάμετρος του ανοίγματος για την είσοδο του ασθενούς στα 60 έως 80 cm. Με την έναρξη λειτουργίας προκαλείτε θερμική διαστολή στα πηνία. Αυτό έχει επιπτώσεις στην ομοιογένεια του μαγνητικού πεδίου η οποία είναι κατώτερη από την ομοιογένεια ενός καλού υπεραγωγίμου μαγνήτη. Το παραγόμενο πεδίο εκτείνεται σε

¹⁰ Εφαρμόζεται σε δείγματα ουσιών.

¹¹ Το ήλιο δεν είναι δηλητηριώδες, αλλά σε περίπτωση ατυχήματος 1L υγρού ηλίου μετατρέπεται σε 700 L κρύου αερίου.

σημαντική απόσταση από το κέντρο του μαγνήτη με αποτέλεσμα να απαιτούνται ειδικές μελέτες και κανονισμοί για τους χώρους εγκατάστασης.

Πλεονεκτήματα των μαγνητών αντιστάσεως είναι το χαμηλό κόστος αγοράς, η απλή σχεδίαση και κατασκευή, η αξιοπιστία και η εύκολη συντήρηση. Επίσης πρέπει να θεωρείτε πλεονέκτημα η ευκολία διακοπής και έναρξης της λειτουργίας τους. Σήμερα πάντως η χρήση μαγνητών αντιστάσεως περιορίζεται σε μικρα συστήματα που αναπτύσσουν πεδία όχι μεγαλύτερα από 0,06T. Δεν χρησιμοποιούνται για εξετάσεις ολόκληρου του σώματος αλλά για εξετάσεις σε συγκεκριμένα σημεία του σώματος.

19.7 Είδη πηνίων του συστήματος απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού

Ένα σύστημα απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού πρέπει να διαθέτει 4 ακόμα είδη πηνίων:

Πηνία βαθμίδας(gradient coils).

Πηνία εξομάλυνσης(shim coils).

Πηνία ραδιοσυχνότητας(RF coils).

Πηνία επιφάνειας(surface coils).

Πηνία βαθμίδας. Τα πηνία βαθμίδας αποτελούνται με τη σειρά τους από κυκλώματα τροφοδοσίας, ενίσχυσης, κ. τ. λ. μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η γραμμική μεταβολή του μαγνητικού πεδίου κατά τη εκάστοτε επιθυμητή διεύθυνση. Επειδή η λειτουργία αυτών των πηνίων διακόπτεται συνεχώς, ανάλογα με τις ανάγκες της απεικονιστικής διαδικασίας, θα πρέπει να είναι πηνία αντιστάσεως(και όχι υπεραγώγιμα). Στα σύγχρονα απεικονιστικά μηχανήματα χρησιμοποιούνται 3 είδη πηνίων ένα για κάθε μία από τις διευθύνσεις(x, y, z). Ο σχηματισμός μιας βαθμίδας πεδίου γίνεται με ηλεκτρονικό τρόπο και όχι με μηχανική περιστροφή των πηνίων. Αυτό επιτυγχάνεται διοχετεύοντας ρεύμα κατάλληλης έντασης σε κάθε ένα από τα 3 σύνολα πηνίων. Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία 3 βαθμίδων πεδίου σε αναλογία με τα αντίστοιχα ρεύματα. Μεταβάλλοντας τα χαρακτηριστικά του βαθμιδωτού αυτού πεδίου μπορούμε να καθορίζουμε την θέση της τομής μέσα στον εξεταζόμενο όγκο και μεταβάλλοντας την κλίση της έντασης να καθορίσουμε το πάχος κάθε τομής.

Οι συνηθέστεροι τύποι πηνίων βαθμίδας είναι τα πηνία Maxwell και τα πηνία Golay. Τα πηνία Maxwell αποτελούνται από δύο παράλληλα ελλειπτικά πηνία με ρεύμα αντιθέτων διευθύνσεων. Είναι τοποθετημένα ένα σε κάθε άκρο του εξεταζόμενου όγκου και δημιουργούν το γραμμικό πεδίο. Τα πηνία Golay έχουν σχήμα σκαφοειδές

σαμαριού(saddle coils) και αποτελούνται από 2 αγωγούς με αντίθετη κατεύθυνση ροής του ρεύματος. Χρησιμοποιούνται για την δημιουργία βαθμιδωτών πεδίων και μπορούν να αναστραφούν με απλή μεταβολή της κατεύθυνσης του ρεύματος που τα διαρρέει. Κατά την διάρκεια της εξέτασής τα πηνία και τα πεδία αναβοσβήνουν πολύ γρήγορα λόγω των μικρών χρόνων κτήσεως δεδομένων(χιλιοστά του δευτερολέπτου-ms). Αυτή η συνεχής μεταβολή και αλληλεπίδραση των γραμμικών μαγνητικών πεδίων επί των πηνίων είναι η αιτία για τον θόρυβο κατά την διάρκεια της εξέτασής.

Πηνία εξομάλυνσης. Τα πηνία αυτά είναι διαφορετικά από το βασικό υπεραγωγίμο σωληνοειδές, αλλά τοποθετούνται μέσα στο σώμα του βασικού μαγνήτη. Το ρεύμα που τα διαρρέει ρυθμίζεται έτσι ώστε το πεδίο τους να προκαλεί εξομάλυνση του συνολικού στατικού πεδίου. Συνήθως χρησιμοποιούνται 4 έως 20 πηνία τα οποία μπορεί να είναι υπεραγωγίμα, αντιστάσεως, ή και υβριδικά(πηνίο + μόνιμος μαγνήτης). Για την τροφοδότηση αυτών των πηνίων απαιτούνται πρόσθετες σταθεροποιημένες γεννήτριες. Στις περιπτώσεις που απαιτείτε σημαντική εξομάλυνση, η ομοιογένεια του πεδίου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη σταθερότητα των γεννητριών. Η τελική εξομάλυνση πραγματοποιείτε μετά την εγκατάσταση του βασικού μαγνήτη και μετά την προσθήκη της μαγνητικής θωράκισης του χώρου εγκατάστασης. Ένα πρόβλημα που προκύπτει είναι ότι ο μεγάλος αριθμός πηνίων προκαλεί μεγάλη κατανάλωση ισχύος.

Πηνία ραδιοσυχνότητας. Ο ρόλος των πηνίων ραδιοσυχνότητας είναι διπλός.

A. Η παραγωγή του μαγνητικού παλμού για ακτινοβολήση τουεξεταζόμενου με ενέργεια ραδιοσυχνότητας(πηνίο-πομπός-transmitter coil).

B. Η ανίχνευση και συλλογή του σήματος FID(πηνίο-δέκτης-receiver coil) Πρόκειται ουσιαστικά για το ενεργό τμήμα ενός μετρητικού(απεικονιστικού ή φασματοσκοπικού) συστήματος πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού. Είναι αντίστοιχο με τη λυχνία και τους ανιχνευτές στην υπολογιστική τομογραφία ακτίνων X. Συχνά αναφέρονται και ως κεραίες(antennas)

Η δομή(και η σωστή επιλογή)του εκάστοτε πηνίου Ρ.Σ. αποτελεί παράγοντα καθοριστικό για την ποιότητα της διαγνωστικής εικόνας. Γενικά διατίθενται πηνία Ρ. Σ. για διάφορες περιοχές του σώματος π. χ. εγκεφάλου, άκρων, σώματος. Χαρακτηριστικές διαστάσεις των πηνίων είναι: 25 cm (διάμετρος) για εγκέφαλο και 50cm για σώμα. Τα αντίστοιχα μήκη είναι περίπου 40cm και 70-80cm. Συνήθως το πηνίο σώματος διατηρείται σταθερό στη θέση του ενώ τα μικρότερα πηνία(π. χ. του εγκεφάλου) τοποθετούνται μόνο όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν. Τα πηνία Ρ. Σ. πρέπει να βρίσκονται όσο το δυνατό πιο κοντά στην υπό απεικόνιση περιοχή για μέγιστη

ευαισθησία λήψης του σήματος. Δηλαδή θα πρέπει να έχουν τη σωστή θέση αλλά και τις σωστές διαστάσεις.

Ως προς την πρακτική χρησιμοποίηση των πηνίων P. Σ. υπάρχουν δυο επιλογές.

Χρησιμοποίηση ενός μοναδικού πηνίου άλλοτε ως πομπού και άλλοτε ως δέκτη.

Χρησιμοποίηση δυο διαφορετικών πηνίων, ένα ως πομπού και ένα ως δέκτη. Στη δεύτερη περίπτωση η τοποθέτηση είναι τέτοια ώστε οι άξονες των 2 πηνίων να είναι κάθετοι μεταξύ τους (διασταυρούμενα πηνία-crossed coils). Με τα 2 πηνία αποφεύγεται η διαδικασία μεταγωγής της σύνδεσης του πηνίου από το κύκλωμα του πομπού στο κύκλωμα του δέκτη και αντίστροφα. Αυτή η αλλαγή του τρόπου λειτουργίας του πηνίου, πότε ως πομπού και πότε ως δέκτη, είναι προβληματική όταν εφαρμόζονται υψηλές τιμές ισχύος P. Σ. και όταν οι συχνότητες είναι υψηλές. Οι συνηθέστεροι τύποι P. Σ. που χρησιμοποιούνται είναι το σαγματοειδές πηνίο (σχήματος σέλας) που παράγει πεδίο κατακόρυφης διεύθυνσης και χρησιμοποιείται στα συστήματα των οποίων το στατικό πεδίο είναι οριζόντιο (υπεραγώγιοι και μαγνήτες αντιστάσεως). Ένα άλλο πηνίο είναι κλασικού σχήματος σωληνοειδούς και παράγει οριζόντιο πεδίο και χρησιμοποιείται κυρίως στους μόνιμους μαγνήτες των οποίων το στατικό πεδίο είναι κατακόρυφο.

Πηνία επιφάνειας. Τα πηνία επιφάνειας τοποθετούνται στην επιφάνεια του σώματος που παρουσιάζει διαγνωστικό ενδιαφέρον. Συνήθως χρησιμοποιούνται μόνο ως δέκτες ενώ σε μερικές περιπτώσεις είναι και πομποί. Έχουν παρόμοια κατασκευή με τα πηνία εκπομπής και παράγουν εγκάρσιο μαγνητικό πεδίο. Ο σχεδιασμός τους ποικίλλει ανάλογα με το εξεταζόμενο μόριο. Σημαντικά είναι τα phased array coil¹² (πηνία διάταξης επιφάνειας) που επιτρέπουν καλύτερη σχέση σήματος προς θόρυβο και καλύτερη ευκρίνεια από το κλασικό πηνίο σώματος.

¹² Πηνία διάταξης φάσης: Αυξάνουν την έκταση της συνολικής περιοχής που επρόκειτο να απεικονισθεί με τα πηνία επιφάνειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 20

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

20.1 Λειτουργικές μελέτες εγκεφάλου – FMRI

20.2 Μεταφορά Μαγνήτισης

20.3 Κλινικές εφαρμογές της μεταφοράς μαγνήτισης

20.4 Χρήσιμες γνώσεις

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 20

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

20.1 Λειτουργικές μελέτες εγκεφάλου - FMRI

Οι λειτουργικές απεικονιστικές μελέτες του εγκεφάλου (functional imaging of the brain) συνθέτουν μια από τις πιο συναρπαστικές σύγχρονες εφαρμογές της MRI. Στις μελέτες αυτές χρησιμοποιούνται τεχνικές, οι οποίες παρέχουν πληροφορίες που αφορούν βασικές λειτουργίες του εγκεφάλου (π.χ όραση, ακοή, κίνηση) ή, αλλιώς, λειτουργικές πληροφορίες. Με άλλα λόγια, εκτός από τη μορφολογική απεικόνιση των ανατομικών δομών, οι τεχνικές αυτές αναδεικνύουν περιοχές ενεργοποίησης κατά τη διάρκεια ενός ερεθίσματος (οπτικού, ηχητικού) ή κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης κάποιας άσκησης. Οι παραπάνω μελέτες προσδίδουν νέες προοπτικές στην κλινική εφαρμογή της Μ.Τ.

Μέχρι πρόσφατα, η μοναδική μέθοδος που είχε τη δυνατότητα παροχής λειτουργικών πληροφοριών του εγκεφάλου ήταν η φασματοσκοπία μαγνητικού συντονισμού (ΦΜΣ), με την οποία ήταν δυνατή η μελέτη του μεταβολισμού σε διάφορες παθολογικές καταστάσεις. Ένα από τα σημαντικά μειονεκτήματα της ΦΜΣ είναι η περιορισμένη χωρική διακριτική ικανότητα λόγω της χαμηλής συγκέντρωσης των μεταβλητών στον εγκέφαλο, οι οποίοι αποτελούν την πηγή του σήματος.

20.2 Μεταφορά Μαγνήτισης

Η αντίθεση μεταφορά μαγνήτισης(magnetization transfer contrast, MTC) είναι μια νέα τεχνική στην Μ. Τ. η οποία μπορεί να εφαρμοστεί με στόχο την περαιτέρω βελτίωση της διαγνωστικής ικανότητας της μεθόδου, κυρίως για τη μελέτη της παθολογίας του κεντρικού νευρικού συστήματος, του μυοσκελετικού συστήματος και της κοιλιακής χώρας. Η τεχνική αυτή βασίζεται στη μεταφορά μαγνήτισης(MM)που μπορεί να λάβει χώρα μεταξύ των «ελεύθερων» ταχέως κινούμενων πρωτονίων και των σχετικά δυσκίνητων πρωτονίων, τα οποία ανήκουν σε μακρομόρια. Στην περίπτωση όπου ένας ιστός αποτελείται από τα δυο προηγούμενα είδη πρωτονίων και εφαρμοστεί ο κατάλληλος

ραδιοπαλμός, είναι δυνατή η μείωση της έντασης του σήματος του, λόγω του μερικού κορεσμού των δυσκίνητων πρωτονίων.

20.3 Κλινικές εφαρμογές της μεταφοράς μαγνήτισης

Η απεικόνιση MM, σε συνδυασμό με τον υπολογισμό του λόγου MM, παρέχει πληροφορίες τις οποίες δεν είναι δυνατό να λάβουμε εφαρμόζοντας τη συμβατική M. T. ή τις μετρήσεις της T2 σταθεράς. Η μέθοδος MM είναι επαναλήψιμη και μπορεί να υλοποιηθεί στα περισσότερα σύγχρονα κλινικά συστήματα M. T. σχετικά εύκολα (χωρίς την προσθήκη νέου εξοπλισμού). Η χρησιμότητά της μπορεί να επικεντρωθεί σε 2 κύρια σημεία α) στο ότι αποτελεί μια νέα πηγή αντίθεσης των ιστών και β) ότι μπορεί να ανιχνεύσει αλλαγές στη δομική ακεραιότητα των ιστών.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η εφαρμογή MM σε T1 προσανατολισμού εικόνες, μετά τη χορήγηση σκιαγραφικού, αυξάνει την ικανότητα ανάδειξης των βλαβών που ενισχύουν το σήμα τους. Η εφαρμογή MM παρέχει επίσης δυνατότητα ανάδειξης μικρών περιφερικών αγγειακών κλάδων στη μαγνητική αγγειογραφία εισροής εγκεφάλου. Η ικανότητα ανίχνευσης δομικών μεταβολών με τον υπολογισμό του λόγου MM, αν και στην αρχή δεν φάνηκε να κερδίζει έδαφος, ίσως να έχει και τη μεγαλύτερη κλινική σημασία.

20.4 Χρήσιμες γνώσεις

Οι άμεσοι κίνδυνοι πρακτικά αφορούν μεταλλικά αντικείμενα που φέρει ο εξεταζόμενος και τα οποία μπορεί να συμπεριφερθούν ως «βλήματα»(π.χ. ψαλίδια , νυχοκόπτες). Σε πολλά τμήματα εγκαθίσταται μεταλλικός ανιχνευτής, παρόμοιος με αυτών των αεροδρομιών. Η καλύτερη προστασία επιτυγχάνεται με ειδική ενδυμασία των εξεταζόμενων και περιορισμό στο χώρο του περιβάλλοντος πεδίου μόνο των ατόμων που άμεσα εμπλέκονται στην εξέταση. Τα προθέματα, τα μεταλλικά ξένα σώματα στους κόγχους και η παρουσία βηματοδότη, ανιχνεύονται με προσεκτικό ιστορικό και υπογραφή των εξεταζόμενων , αλλά και με σηματοδότηση στο χώρο. Επίσης , οι τεχνολόγοι πρέπει πάντοτε να ρωτούν ξανά τους ασθενείς αμέσως πριν την εξέταση για προθέματα, μεταλλικά ξένα σώματα στους κόγχους και βηματοδότη. Το μείκ-απ πρέπει να αφαιρεθεί, επειδή μπορεί να ερεθίσει τον οφθαλμό και να προκαλέσει τεχνικά

σφάλματα. Το ίδιο ισχύει και για το τατουάζ του βλεφάρου, ενώ αντίθετα, όλοι οι τύποι εμφυτευμάτων φακών είναι ασφαλείς.

Οι ασθενείς με βηματοδότη πρέπει να βρίσκονται πάντοτε εκτός της γραμμής του περιβάλλοντος πεδίου (0.5mT). Η αλληλεπίδραση του στατικού μαγνητικού πεδίου και του βηματοδότη, καθιστά άκρως επικίνδυνη την εξέταση σ' αυτούς τους ασθενείς. Στη βιβλιογραφία έχουν αναφερθεί τουλάχιστον 2 θάνατοι από εξετάσεις σε ασθενείς με βηματοδότη. Αν υπάρχει υπόνοια παρουσίας ενδοκογχικού μεταλλικού ξένου σώματος, πρέπει να προηγηθεί κατά μέτωπο ακτινογραφία. Σε μερικά κέντρα χρησιμοποιείται Υ. Τ. για την ανίχνευση μεταλλικών θραυσμάτων, αλλά η μικρή υπεροχή της Υ. Τ. στο όριο ανίχνευσης δεν δικαιολογεί τη χρήση της, επειδή θραύσματα διαστάσεων 1mm δεν μπορούν να προκαλέσουν κάκωση στο σκληρό χιτώνα. Αντενδείξεις εξέτασης ασθενών με Μ. Τ. και περιπτώσεις ασφαλούς εξέτασης παρουσιάζονται στο πίνακα 20.1.

Πίνακας 20.1: Απόλυτες Αντενδείξεις Εξέτασης

Απόλυτες αντενδείξεις εξέτασης
• Βηματοδότης • Σιδηρομαγνητικά ενδοκρανιακά clips (ανεύρυσμα) • Μεταλλικά θραύσματα σε ζωτικά σημεία • Καθετήρες Swan-Ganz (thermodilution) • Καρωτιδικό πρόθεμα Poppen-Blaylock
Σχετικές αντενδείξεις εξέτασης
• Θραύσματα σε μη ζωτικά σημεία • Εγκυμοσύνη • Υπολειπόμενα εξωτερικά καλώδια βηματοδότη • Μη σιδηρομαγνητικά κοχλιακά προθέματα • Εγγυτές νασούλης • Νευροδιεγέρτες • Προσθετικές βαλβίδες καρδιάς (στο 1.5 T) (βλ. σχετικούς καταλόγους) • Αιμοστατικά clips στον κορμό (βλ. σχετικούς καταλόγους) • Κλειστοφοβία • Πρόθεμα πέους τύπου Dacomed Omniphas
Ασφαλής εξέταση
• Μη σιδηρομαγνητικά ενδοκρανιακά clips • Οι περισσότερες καρδιακές βαλβίδες • Προθέματα αρθρώσεων και άλλα ορθοπεδικά υλικά • Τα περισσότερα χειρουργικά clips • Οι περισσότερες συμπτύξεις κάτω κοιλίας φλέβας • Συσκευές έγχυσης χημειοθεραπείας • Αντιουλλητικό ενδομήτριο σπείρασμα • Εμφυτεύματα οδόντων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 21
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ – ΚΟΣΤΟΣ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ(CT-U/S-MT)

21.1 Γενικά

21.2 Κατηγοριοποίηση του κόστους

21.3 Αρχικό κόστος

21.4 Λειτουργικό κόστος

21.5 Κόστος εξέτασης

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 21

ΚΟΣΤΟΣ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ(C.T.-U/S-M.T.)

21.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό αρχίζουμε τη διερεύνηση των βασικότερων οικονομικών στοιχείων του τεχνικού εξοπλισμού, ξεκινώντας από τα κόστη που συνεπάγεται η απόκτηση, η εγκατάσταση, η λειτουργία και η συντήρησή του. Οι τιμές και οι ποσότητες των παρακάτω ειδών και υπηρεσιών αντιπροσωπεύουν την εικόνα ενός Γενικού Νοσοκομείου(400 κλινών) σύμφωνα με τα δεδομένα των 3 τελευταίων ετών. Οι τιμές ενδέχεται να αλλάζουν κάθε φορά ανάλογα με την χάραξη της υγειονομικής πολιτικής της εκάστοτε κυβέρνησης. Φυσικά, το πρώτο κόστος του εξοπλισμού προκαλείται από την απόκτησή του. Το κόστος της απόκτησής του δεν είναι παρά ένα μέρος του όλου κόστους που συνεπάγεται η απόκτηση του εξοπλισμού αυτού. Μετά την απόκτηση ακολουθεί μια μεγάλη σειρά δραστηριοτήτων και αναλώσεων, η κάθε μια από τις οποίες έχει ένα δικό της κόστος, όπως: κόστος εξεύρεσης χώρου, εγκατάστασης και δοκιμής λειτουργίας, εκπαίδευσης προσωπικού, εργασίας προσωπικού, συντήρησης εξοπλισμού και διάφορες αναλώσεις. Παρακάτω θα ασχοληθούμε με την κατηγοριοποίηση του κόστους σε δυο μεγάλες κατηγορίες, το αρχικό και το λειτουργικό, με σκοπό την αποφυγή σύγχυσης σε τυχόν άλλες αναφορές υποκατηγοριών κόστους. Για ένα δημόσιο τομέα υγείας, ο πιο προφανής στόχος είναι μια παράλληλη ελαχιστοποίηση και του κόστους και των εσόδων με ακριβώς μηδενικά κέρδη, έτσι ώστε το κράτος και να πληρώνει το μικρότερο δυνατό τίμημα για την παροχή υπηρεσιών υγείας προς τους πολίτες και να μην είναι ελλειμματική για τον κρατικό προϋπολογισμό η παροχή αυτή. Για μια ιδιωτική επιχείρηση παροχής υπηρεσιών υγείας, ο πιο προφανής στόχος είναι η μεγιστοποίηση των κερδών δηλαδή της διαφοράς εσόδων μείον τα κόστη, ώστε η επιχείρηση να ωφεληθεί οικονομικά όσο γίνεται περισσότερο. Οι πληροφορίες που αφορούν το κόστος του τ. ε. έχουν ως πηγή τα νοσοκομεία Πατρών «Άγιος Ανδρέας», «Ευαγγελισμός» & Πανεπιστημιακό

νοσοκομείο Ρίου και συγκεκριμένα τα αντίστοιχα τμήματα του Οικονομικού τομέα. Επίσης τον Ιδιωτικό τομέα αντιπροσώπευσε από πλευράς επαρχίας η Πάτρα και εκτός επαρχίας η Αθήνα με το Διαγνωστικό Κέντρο «Διάγνωση» και το Θεραπευτήριο «Υγεία» αντίστοιχα. Τέλος πηγή άντλησης πληροφοριών αποτέλεσε και το Ίδρυμα Ιατροβιολογικών Ερευνών με έδρα την Αθήνα.

21.2 Κατηγοριοποίηση του κόστους

Βασική κατηγοριοποίηση του κόστους είναι η διαίρεσή του σε «αρχικό κόστος» και σε «λειτουργικό κόστος».¹ Το πρώτο περιλαμβάνει κόστη όπως το κόστος αγοράς του εξοπλισμού, αγοράς χώρου για τον εξοπλισμό, το κόστος εγκατάστασης, εκπαίδευσης και δοκιμών και γενικά ότι κόστη χρειάζονται για να προετοιμασθεί η λειτουργία του τεχνικού εξοπλισμού. Το δεύτερο, το λειτουργικό δηλαδή κόστος περιλαμβάνει όλα τα κόστη που θα αρχίσουν να υπάρχουν από την στιγμή που θα αρχίσει να λειτουργεί ο εξοπλισμός δηλαδή κόστη εργασίας, κόστη συντήρησης, διάφορες αναλώσεις, γενικά έξοδα κ. τ. λ.

21.3 Αρχικό Κόστος

Κόστος αγοράς εξοπλισμού. Στην ιατρική τεχνολογία συχνά το αρχικό κόστος είναι αρκετά μεγαλύτερο από το κόστος αγοράς. Το κόστος αγοράς ενός C. T. ποικίλει ανάλογα με τις δυνατότητες που έχει. Τα μηχανήματα τελευταίας γενιάς τα οποία διαθέτουν πολλές λυχνίες και δυνατότητα απεικόνισης του ανθρώπινου σώματος σε πολλές τομές κοστίζουν περίπου 800.000² Ευρώ.

Το κόστος αγοράς ενός διαγνωστικού υπερήχου ανέρχεται στη τιμή των 60.000³ έως 80.000 Ευρώ ανάλογα πάντα με τη γενιά του Δ. Υ.

Όσον αφορά το κόστος ενός Μ. Τ. ποικίλει και αυτός ανάλογα με το μοντέλο π. χ. ο Μ. Τ. με ισχύ 0.5-1T(Tesla) ανέρχεται στη τιμή των 900.000⁴ Ευρώ, ενώ ο Μ. Τ. με ισχύ 1-1,5T ανέρχεται στη τιμή των 1.500.000 Ευρώ.

¹ Πηγή: κ. Ευφραιμίδης - Διαχείριση Τεχνολογίας Μονάδων Υγείας-Οικονομικό Μέρος

² Στις τιμές δεν συμπεριλαμβάνεται ο ΦΠΑ. Πηγή: Γ.Ν. Πατρών « Άγιος Ανδρέας»

³ Πηγή: Ιδιωτικό Διαγνωστικό Κέντρο Πατρών «Διάγνωση»

⁴ Πηγή: Γ.Ν. Πατρών « Άγιος Ανδρέας»

Κόστος αγοράς χώρου.⁵ Η εξεύρεση χώρου για την εγκατάσταση του εξοπλισμού. Εδώ υπάρχουν κόστη οικοπέδων και κτηρίων, τα οποία θα πρέπει να αγοραστούν ή να ενοικιαστούν, ώστε να εγκατασταθεί μέσα τους ο εξοπλισμός. Μέσα στα κόστη των χώρων συνήθως συμπεριλαμβάνονται και τα κόστη όπως η ηλεκτρολογική και επικοινωνιακή υποδομή του κτιρίου, η πυροσβεστική υποδομή του, οι υδραυλικές εγκαταστάσεις και οι εγκαταστάσεις αποχέτευσης, η εγκατάσταση θέρμανσης, η εγκατάσταση κλιματισμού κ. α.

Επειδή η αγοραστική αξία των οικοπέδων αυξάνεται χρόνο με το χρόνο και επειδή στα οικοπέδα δεν επέρχονται σημαντικές φθορές, θα αναφερθούμε για το κόστος ιδίου χώρου(ο χώρος που καταλαμβάνει το τμήμα που βρίσκεται ο εκάστοτε εξοπλισμός). Το τμήμα στο οποίο εγκαθίσταται ο τεχνικός εξοπλισμός περιλαμβάνει χώρους όπως το γραφείο γραμματείας τμήματος, γραφείο ιατρών, χώρος Η/Υ κ. α. Βέβαια, η αξία των τ. μ. είναι διαφορετική από περιοχή σε περιοχή. Για παράδειγμα η αξία των τ. μ. στην Αθήνα κυμαίνεται περίπου στα 800,00 Ευρώ/τ. μ. ενώ στην επαρχία περίπου 280,00 Ευρώ/τ.μ.

Επομένως το κόστος αγοράς χώρου για έναν C.T. ο οποίος χρειάζεται περίπου 120τ. μ. θα έχει αξία στην Αθήνα 96.000 Ευρώ και για την επαρχία η αξία θα είναι 33.600 Ευρώ.

Ο τρόπος υπολογισμού του κόστους αγοράς χώρου παραμένει ίδιος τόσο για τους Δ. Υ. όσο και για τους Μ. Τ. με μόνη διαφορά ότι οι Δ. Υ. χρειάζονται περίπου 60τ. μ. για την εγκατάστασή τους και οι Μ. Τ. περίπου 75τ.μ.

Κόστος εκπαίδευσης προσωπικού.⁶ Η εκπαίδευση του προσωπικού που χρειάζεται για να λειτουργήσει ο τεχνικός εξοπλισμός. Το προσωπικό αυτό ενδέχεται να περιλαμβάνει 3 ομάδες: τους χειριστές, τους χρήστες και τους συντηρητές. Οι χειριστές είναι τεχνικοί ή ιατρικό ή νοσηλευτικό προσωπικό. Οι χρήστες είναι το ιατρικό προσωπικό, το οποίο κάνει τις διαγνώσεις. Οι συντηρητές είναι πάντα τεχνικό προσωπικό. Με την ταχύτητα που τρέχουν σήμερα οι επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις, τα κόστη της εξειδίκευσης με κάθε αγορά νέου εξοπλισμού είναι σημαντικά.

Ο χρόνος εκπαίδευσης του προσωπικού είναι από 1 έως 3 μήνες και για τα 3 είδη του τεχνικού εξοπλισμού. Συνηθίζεται ορισμένες κατασκευάστριες εταιρείες να προσφέρουν

⁵ Πηγή: Γ. Ν. Πατρών «Άγιος Ανδρέας» / Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Ρίου - Οικονομική Υπηρεσία.

⁶ Πηγή: Γ. Ν. Πατρών « Άγιος Ανδρέας» / Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Ρίου - Οικονομική Υπηρεσία.

δωρεάν το κόστος εκπαίδευσης του προσωπικού(προβλέπεται από τη σύμβαση). Στην περίπτωση που η εκπαίδευση του προσωπικού δεν προσφέρεται δωρεάν, τότε το κόστος για μία 2μηνη εκπαίδευση ενός ιατρού κυμαίνεται γύρω στις 4.500 Ευρώ, ενώ για μία 3μηνη εκπαίδευση ενός τεχνικού γύρω στις 7.000 Ευρώ.

Κόστος εγκατάστασης.⁷ Ο τεχνικός εξοπλισμός για να τοποθετηθεί σε μια θέση και για να μπορέσει να λειτουργήσει σωστά και με ασφάλεια θέλει κάποια προετοιμασία της θέσης αυτής. Ο C.T.όπως και ο M. T. καθώς και ο Δ. Υ. έχει πολύ μεγάλες απαιτήσεις. Οι απαιτήσεις αυτές μπορεί να είναι: πρόσθετες ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις, ειδική εγκατάσταση αερισμού ή κλιματισμού, θωρακίσεις για την προστασία από επικίνδυνες ακτινοβολίες, πρόσθετα μέτρα πυρασφάλειας κ. α.

Συγκεκριμένα το κόστος εγκατάστασης ενός C. T.(ακτινοπροστασία χώρου, κλιματισμός και πυρασφάλεια), είναι περίπου 30.000 Ευρώ.

Το κόστος εγκατάστασης ενός Δ. Υ. συμπεριλαμβανομένου της αξίας των μέτρων ασφαλείας καθώς και των όσων προαναφέρθηκαν ανέρχεται στη τιμή των 4.000 Ευρώ.

Τέλος όσον αφορά το κόστος εγκατάστασης ενός M. T. περιλαμβάνει τα όσα ειπώθηκαν παραπάνω συν την ηλεκτρομαγνητική θωράκιση και κυμαίνεται στη τιμή των 120.000 Ευρώ.

21.4 Λειτουργικό Κόστος

Κόστος συντήρησης τεχνικού εξοπλισμού. Η συντήρηση αυτή γίνεται σε πολλά επίπεδα. Στοιχειώδη συντήρηση μπορούν να κάνουν και οι χειριστές. Συντήρηση απλή μπορεί να γίνεται από το προσωπικό του αγοραστή . Η δυσκολότερη και απαιτητικότερη συντήρηση γίνεται από προσωπικό του πωλητή ή του κατασκευαστή του . Το κόστος της συντήρησης περιλαμβάνει κόστη εργασίας, ανταλλακτικών και διαφόρων βοηθητικών υλικών συντήρησης.

Το κόστος συντήρησης ενός C. T. κυμαίνεται γύρω στις 45.000 Ευρώ/έτος. Όμως αν υποστεί βλάβη η λυχνία του C. T.(η οποία δεν συμπεριλαμβάνεται στα ανταλλακτικά) το κόστος ανέρχεται σε 65.000Ευρώ, χωρίς να υπολογίζεται το κόστος συντήρησης.

Το κόστος συντήρησης ενός Δ. Υ. ποικίλει ανάλογα με το είδος του. Συγκεκριμένα, η τιμή του κόστους συντήρησης είναι από 7.000 έως 12.000 Ευρώ/έτος.

⁷ Πηγή: Γ. Ν. Πατρών «Άγιος Ανδρέας» / Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Ρίου – Οικονομική Υπηρεσία

Απαιτητική επίσης μπορεί να χαρακτηριστεί η τιμή του κόστους συντήρησης του Μ. Τ. η οποία μπορεί να φθάσει τα 65.000Ευρώ/έτος.

Κόστος εργασίας τεχνικού εξοπλισμού. Η εργασία του προσωπικού που χρειάζεται άμεσα για να λειτουργήσει ο τεχνικός εξοπλισμός, δηλαδή κυρίως των χειριστών και των χρηστών του. Το κόστος της εργασίας αυτής, εκτός από τις αμοιβές του προσωπικού αυτού, επιβαρύνεται με διάφορους τρόπους, όπως εισφορές σε ασφαλιστικά ταμεία, προσαυξήσεις σε περιπτώσεις υπερωριακής απασχόλησης, έκτακτα επιδόματα σαν κίνητρα για βελτιωμένες αποδόσεις, τυχόν συμμετοχές στα κέρδη κ. τ. λ. Το κόστος εργασίας του τεχνικού εξοπλισμού θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως «αναλογικό» κόστος αφού όσο περισσότερο προσωπικό χειρίζεται το μηχάνημα τόσο μεγαλύτερο θα είναι το κόστος εργασίας. Οι αμοιβές του προσωπικού ποικίλουν αναλόγως της θέσεως και της ειδικότητας του εκάστοτε υπαλλήλου. Για παράδειγμα ο μισθός ενός επιμελητή Α' είναι περίπου 55.000 Ευρώ/έτος(μικτά), μιας νοσηλεύτριας 25.000 Ευρώ/έτος(μικτά) και ενός τεχνικού υπαλλήλου(ραδιολόγος) γύρω στις 28.000 Ευρώ/έτος(μικτά).

Συνολικό Κόστος Εργασίας= Τακτικές αποδοχές(βασικός μισθός, επιδόματα)+ μη Τακτικές αποδοχές(δώρα Πάσχα, δώρα Χριστουγέννων)+ Εργοδοτικές εισφορές.

Κόστος διαφόρων αναλώσεων τεχνικού εξοπλισμού. Διάφορες αναλώσεις που γίνονται για να μπορεί ο εξοπλισμός να λειτουργεί. Αυτές οι αναλώσεις μπορεί να είναι πάρα πολλών ειδών, όπως ηλεκτρική ενέργεια, υλικά καθαρισμού, απολυμαντικά, σκιαγραφικά μέσα, films, υγειονομικό υλικό, αλοιφή gel κ. α.

Το κόστος διαφόρων αναλώσεων ενός C.T. είναι περίπου 2.800 Ευρώ/έτος και περιλαμβάνει κυρίως γάντια, βαμβάκι, γάζες κ. α. Επίσης το κόστος μπορεί να επιβαρυνθεί αν λάβουμε υπόψη το φαρμακευτικό υλικό(περίπου 300,00Ευρώ/έτος), τα σκιαγραφικά μέσα(50.000Ευρώ/έτος), τη γραφική ύλη κ. α.

Για τους Δ. Υ. το κόστος φθάνει περίπου τις 17.000 Ευρώ/έτος. Το κόστος αυτό περιλαμβάνει κυρίως αναλώσεις σε αλοιφή gel(350τεμάχια/έτος), 2.500 films, χαρτσέντονα(135τεμάχια/έτος) και χαρτοβάμβακα(210τεμάχια/έτος).

Το κόστος αναλώσεων του Μ. Τ. είναι περίπου 60.000 Ευρώ/έτος και περιλαμβάνει τα films, τα σκιαγραφικά μέσα καθώς και για τους Μ. Τ. από 1,5 έως 2T το σύστημα ψύξης του μαγνήτη με υγρό ήλιο(He) το οποίο κοστίζει 20,00Ευρώ/lt ενώ κατά μέσο όρο απαιτούνται 450lt/έτος.

21.5 Κόστος εξέτασης

Στην ενότητα αυτή θα αναφερθούμε εν συντομία στο κόστος εξέτασης που αντιστοιχεί στα συστήματα εξέτασης που έχουμε αναφερθεί ως τώρα. Οι τιμές στις οποίες θα αναφερθούμε αφορούν το Δημόσιο και Ιδιωτικό τομέα και οι αποκλίσεις στις τιμές είναι μικρές. Η διαφορά αυτή των τιμών έγκειται στο γεγονός ότι ο μεν ιδιωτικός τομέας στοχεύει στη μεγιστοποίηση των κερδών του, ενώ αντίθετα ο δημόσιος τομέας στοχεύει στην εξίσωση εσόδων – εξόδων που αντιστοιχεί σε μη ελλειμματικά ταμεία. Το κόστος των εξετάσεων καλύπτεται στις περισσότερες των περιπτώσεων απ' τον λεγόμενο «τρίτο πληρωτή» (ασφαλιστικά ταμεία), που καλείται να πληρώσει ποσοστό του κόστους της εξέτασης ή να επιβαρυνθεί τη συνολική της αξία.

Το κόστος μιας εξέτασης με Αξονικό Τομογράφο κυμαίνεται περίπου στην τιμή των 80,00Ευρώ / εξέταση. Για μια εξέταση με Διαγνωστικό Υπέρηχο η τιμή ανέρχεται στο ποσό των 20,00Ευρώ/εξέταση. Όσον αφορά το κόστος εξέτασης με Μαγνητικό Τομογράφο, αυτή κοστίζει περίπου 240.00Ευρώ/εξέταση.

Βέβαια, σημαντικό είναι το γεγονός ότι η τιμή της εξέτασης εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, όπως : την έλλειψη ανταγωνισμού ή την μη αποτελεσματική παρέμβαση του δημόσιου τομέα στην διαμόρφωση των τιμών, το είδος του μηχανήματος ανάλογα με την τεχνολογική πρόοδο, τον αριθμό των εξετάσεων, το είδος και το μέγεθος της υπό εξέταση περιοχής κ.α

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 22

ΠΡΟΜΗΘΕΙΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΜΟΝΑΔΩΝ ΥΓΕΙΑΣ

- 22.1 Σημασία προμήθειας-Ιστορική Αναδρομή**
- 22.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τις ποσότητες προμήθειας
τεχνολογικού εξοπλισμού**
- 22.3 Κρατικές προμήθειες-Διαφορά Δημοσίου με ιδιωτικού τομέα**
- 22.4 Βασικές Αρχές**
- 22.5 Αναθέτουσες αρχές**
- 22.6 Προμηθευτές**
- 22.7 Νομικό πλαίσιο**
- 22.8 Διαδικασίες-Είδη Διαγωνισμού**
- 22.9 Εγγυήσεις Διαγωνιζόμενων**
- 22.10 Τρόποι πληρωμής του Προμηθευτή**
- 22.11 Ασυνέπεια προμηθευτή- κυρώσεις**
- 22.12 Κατασκευάστριες Εταιρείες(Προμηθεύτριες)**

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ

ΠΡΟΜΗΘΕΙΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΜΟΝΑΔΩΝ ΥΓΕΙΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 22

22.1 Σημασία προμήθειας – Ιστορική αναδρομή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα ασχοληθούμε κυρίως με κρατικές προμήθειες, δηλαδή τις προμήθειες που αφορούν τα νοσοκομεία. Οι κρατικές προμήθειες αποτελούν σημαντικό κομμάτι της οικονομίας κάθε κράτους. Η συγκέντρωση της μεγάλης αγοραστικής δύναμης του κράτους αποτελεί πρώτιστα μοχλό άσκησης οικονομικής πολιτικής και ανάπτυξης. Αυτό πραγματοποιείται με ενοποιημένες προμήθειες μακροχρόνιες, επαναλαμβανόμενες συμβάσεις, ενοποίηση των προδιαγραφών και γενικότερα με την άσκηση πολιτικής των προμηθειών. Με τον τρόπο αυτό κατευθύνεται και υποβοηθείται το παραγωγικό δυναμικό της χώρας ενώ ταυτόχρονα επιτυγχάνονται οικονομίες κλίμακας με την προσφορά καλύτερων τιμών, διαφάνεια και αποδοτικότητα των υπηρεσιών που ασχολούνται με τις κρατικές αγορές.

Με την ένταξη της Ελλάδος στην Ε.Ε. οι περί προμηθειών διατάξεις προσαρμόστηκαν με τις κοινοτικές ρυθμίσεις και καταργήθηκαν όλες οι προϋπάρχουσες διατάξεις που εμποδίζουν την ελεύθερη διακίνηση των εμπορευμάτων. Επί πλέον η χώρα μας, μέλος του Παγκόσμιου Οργανισμού Εμπορίου (Π.Ο.Ε.), υπέγραψε μαζί με τα υπόλοιπα κράτη-μέλη της Ε.Ε. και εφαρμόζει τις σχετικές συμφωνίες (συμφωνία Μαρακές), καθώς και αυτής που συνήφθη στο πλαίσιο των πολυμερών διαπραγματεύσεων του γύρου της Ουρουγουάης.

22.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τις ποσότητες προμήθειας τεχνολογικού εξοπλισμού (τ.ε).

Ο συνολικός αριθμός τ.ε καθώς και οι αναλογίες του, εξαρτώνται από μια σειρά παραγόντων, σύμφωνα πάντα με τις εκτιμήσεις και τις ανάγκες της εκάστοτε μονάδας υγείας ή οργανισμού γενικότερα. Η διόγκωση των νοσοκομειακών προϋπολογισμών και

η αλόγιστη σπατάλη μας οδηγεί στην αναφορά μιας σειράς παραγόντων για την αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα των μονάδων υγείας. Τέτοιοι καθοριστικοί παράγοντες είναι : α) ο εξυπηρετούμενος πληθυσμός και η γεωγραφική θέση της περιοχής, β) η ποιότητα του πληθυσμού (νεανικός ή όχι, αγροτικός ή αστικός), γ) νοσολογικός χάρτης της περιοχής (δείκτης νοσηρότητας), δ) υγειονομικός χάρτης περιοχής, ε) επάρκεια εκπαιδευμένου προσωπικού, στ) δύναμη νοσοκομείου (αριθμός κλινών) κ.α.

22.3 Κρατικές προμήθειες – Διαφορά Δημοσίου με Ιδιωτικό

Προμήθειες του δημόσιου τομέα ή δημόσιες προμήθειες ή κρατικές προμήθειες είναι οι όροι που χρησιμοποιούνται για τις συμβάσεις από επαχθή αίτια, που συνάπτονται εγγράφως μεταξύ ενός προμηθευτή και των διαφόρων φορέων του δημοσίου τομέα και έχουν ως αντικείμενο την αγορά, τη μίσθωση και τη χρηματοδοτική μίσθωση αγαθών. Επίσης, προμήθειες του δημοσίου τομέα θεωρούνται και οι συμβάσεις ανάθεσης εκτέλεσης εργασιών εγκατάστασης, συντήρησης, μεταφοράς ή άλλων εργασιών που σχετίζονται με την προμήθεια των ανωτέρω αγαθών, εφόσον όμως η αξία αυτών υπερβαίνει την αντίστοιχη των εργασιών.

Γενικά, οι κρατικές προμήθειες ολοκληρώνονται με τη βοήθεια γραπτών συμβάσεων. Οι τελευταίες καθορίζουν το περιεχόμενο και τους όρους μιας συμφωνίας μεταξύ ενός φορέα (που είναι η αναθετούσα αρχή της σύμβασης) και ιδιωτών/επιχειρήσεων (των προμηθευτών).

Στην Ελλάδα όπως και σε πολλές χώρες (Αγγλία, Γαλλία, Βέλγιο, κ.τ.λ.) έχει επικρατήσει η αντίληψη ότι είναι προτιμότερο οι κρατικές προμήθειες να διενεργούνται από ένα κεντρικό όργανο (π.χ. τη Γενική Γραμματεία Εμπορίου). Η συγκεκριμένη άποψη κερδίζει έδαφος στους κόλπους της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Αυτό συμβάλλει στην εκλογίκευση των κρατικών προμηθειών, καθώς επιτρέπει τη συνολική εποπτεία, εξοικονομώντας παράλληλα χρηματικούς πόρους, αφού οι προμήθειες διενεργούνται σε μεγάλες ποσότητες από μια αρχή και με ενιαίους κανόνες διεξαγωγής.

Όπως κάθε αγοραστής, έτσι και το δημόσιο, προκειμένου να καταλήξει στο προϊόν της επιλογής του, πραγματοποιεί μια έρευνα αγοράς. Σε αντίθεση με τους ιδιώτες, το δημόσιο δεν πηγαίνει από έμπορο σε έμπορο για την εξεύρεση της συμφερότερης

προσφοράς, αλλά καλεί τους προμηθευτές, με τη μορφή διαγωνισμού, να υποβάλλουν τις προσφορές τους.

22.4 Βασικές αρχές

Οι βασικές αρχές που διέπουν τις κρατικές προμήθειες είναι οι εξής :

1. Αρχή της διαφάνειας των διαδικασιών : Η διαδικασία εκτέλεσης των δημοσίων προμηθειών, σε όλες τις φάσεις του διαγωνισμού (διακήρυξη – επιλογή προμηθευτή – ανάθεση σύμβασης) στηρίζεται σε συγκεκριμένους και γνωστούς εκ των προτέρων κανόνες, οι οποίοι ισχύουν σε όλη τη διάρκειά τους και οφείλουν να είναι πλήρεις, απόλυτα κατανοητοί και σαφείς. Οι όροι των διαγωνισμών δεν επιτρέπεται να αλλάξουν μετά την προκήρυξή τους παρά μόνο σε περίπτωση που γίνουν αποδεκτές τυχόν κατατεθειμένες από μέρους των διαγωνιζομένων, ενστάσεις ή προσφυγές.
2. Αρχή της ίσης μεταχείρισης : Οι όροι των διαγωνισμών για τις δημόσιες προμήθειες δεν επιτρέπεται να εισάγουν πολιτική διακρίσεων έναντι συγκεκριμένων επιχειρήσεων ή κατηγοριών επιχειρήσεων της Ελλάδος ή του εξωτερικού.
3. Αρχή της δημοσιότητας : σύμφωνα με την οποία, οι αγορές που πραγματοποιεί το δημόσιο γίνονται γνωστές για την εξυπηρέτηση κάθε ενδιαφερομένου μέσω της δημοσίευσής τους στον εθνικό τύπο αλλά και στην Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων καθώς και στην τράπεζα δεδομένων TED.

22.5 Αναθετούσες αρχές

Οι προμήθειες των φορέων που υπάγονται στις διατάξεις του νόμου 2286/95, περί προμηθειών του δημόσιου τομέα και ρυθμίσεις συναφών θεμάτων, εγκρίνονται με την ένταξή τους στο Ενιαίο Πρόγραμμα Προμηθειών (Ε.Π.Π.). Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι ο όρος «αναθετούσες αρχές» χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις δημόσιες επιχειρήσεις και τις δημόσιες αρχές.

Η ένταξη μιας προμήθειας στο Ε.Π.Π. πραγματοποιείται μετά από εξέταση και αξιολόγησης πρότασης του φορέα και διαμόρφωσή της σε συνάρτηση με τις υπόλοιπες προτάσεις, ώστε να επιτυγχάνεται το καλύτερο αποτέλεσμα για το Δημόσιο. Το Ε.Π.Π.

εγκρίνεται με απόφαση των Υπουργών Εθνικής Οικονομίας και Ανάπτυξης μετά από γνωμοδότηση της Επιτροπής Πολιτικής και Προγραμματισμού Προμηθειών (Ε.Π.Π.Π.). Μετά την έγκριση του Ε.Π.Π. αρχίζει η διαδικασία σύναψης και εκτέλεσης των συμβάσεων προμηθειών που ολοκληρώνεται με την παραλαβή του αγαθού και την αποπληρωμή του τιμήματος.

22.6 Προμηθευτές

Δικαίωμα συμμετοχής στις κρατικές προμήθειες έχουν φυσικά και νομικά πρόσωπα, καθώς και ενώσεις προμηθευτών που υποβάλλουν κοινή προσφορά. Οι προμηθευτές που συμμετέχουν στις διαδικασίες κρατικών προμηθειών κινητοποιούνται κατά κύριο λόγο από το χαμηλό κόστος πώλησης των προϊόντων τα οποία διαθέτουν. Η ανάγκη διατήρησης της ανταγωνιστικότητας του προϊόντος στην αγορά έχει σαν αποτέλεσμα τη διατήρηση των τιμών και των αντίστοιχων περιθωρίων κέρδους των μεμονωμένων προϊόντων σε χαμηλά επίπεδα. Ως εκ τούτου οι δυνητικοί προμηθευτές αναζητούν και ενδιαφέρονται για μεγάλους όγκους πώλησης προκειμένου να επιτύχουν κερδοφορία μέσω της εξασφάλισης οικονομιών κλίμακος.

22.7 Νομικό πλαίσιο

Οι δημόσιες προμήθειες διέπονται από το νομικό πλαίσιο το οποίο απαρτίζεται από μια σειρά νόμων, προεδρικών διαταγμάτων, νομοθετικών διατάξεων και κοινοτικών οδηγιών που εφαρμόζονται ανάλογα με το είδος και το ύψος της προμήθειας. Επιπλέον επηρεάζονται έμμεσα οι δημόσιες προμήθειες και από ορισμένες διατάξεις όπως το υπό μελέτη σύστημα ηλεκτρονικών δημοσίων προμηθειών, το νομικό πλαίσιο για τις ψηφιακές υπογραφές και το ηλεκτρονικό εμπόριο (παρατίθεται λεπτομερής ανάλυση της ισχύουσας και νέας νομοθεσίας στο παράρτημα).

22.8 Διαδικασίες – Είδη διαγωνισμού

Ο Ν. 2286/95 είναι ο τελευταίος που έχει εκδοθεί και ρυθμίζει θέματα Κρατικών Προμηθειών μεταξύ των οποίων και τις διαδικασίες των διαγωνισμών. Οι διαδικασίες για την υλοποίηση των προμηθειών διακρίνονται σε : συνοπτικές, ανοικτές και κλειστές.

Συνοπτική διαδικασία (πρόχειρος διαγωνισμός ή απ'ευθείας ανάθεση) : είναι αυτή κατά την οποία δεν ισχύουν οι όροι του ανοικτού ή κλειστοί διαγωνισμού και διενεργείται από τριμελή επιτροπή του φορέα που ενεργεί την προμήθεια. Η διαδικασία εφαρμόζεται προκειμένου να πραγματοποιηθεί προμήθεια αγαθών, με προϋπολογισθείσα δαπάνη το ακριβές ύψος της οποίας καθορίζεται με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης. Με την απόφαση Π1/433/19-02-2003 (ΦΕΚ 2221/Β/27-02-2003), η οποία ισχύει σήμερα, ορίζεται ότι μέχρι του ποσού των 45.000 ευρώ + ΦΠΑ ετησίως κατά κωδικό αριθμό είδους, η προμήθεια διενεργείται με συνοπτικές διαδικασίες. Οι προμήθειες της ανωτέρω περίπτωσης διενεργούνται ως ακολούθως :

i) με διαδικασίες διαπραγμάτευσης (εξαιρετική ή απ'ευθείας ανάθεση) μέχρι του ποσού των 15.000 ευρώ + ΦΠΑ ετησίως κατά κωδικό αριθμό είδους και

ii) με συνοπτικές διαδικασίες (πρόχειρος διαγωνισμός) μέχρι του ποσού των 45.000 ευρώ + ΦΠΑ ετησίως κατά κωδικό αριθμό είδους.

Κατάτμηση των προμηθειών σε ποσότητα και αξία προκειμένου να υπαχθούν ή μη στην ρύθμιση των ανωτέρω διαδικασιών δεν επιτρέπεται. Με τη διαδικασία αυτή επίσης, πραγματοποιούνται προμήθειες όταν συντρέχει περίπτωση άγονου διαγωνισμού ή όταν η προμήθεια αναφέρεται σε είδη που κατασκευάζονται από ένα μόνο προμηθευτή.

Ανοικτή διαδικασία (ανοικτός διαγωνισμός) :

είναι η μορφή του διαγωνισμού που κάθε ενδιαφερόμενος προμηθευτής, μπορεί να υποβάλλει προσφορά. Το πρώτο στάδιο της διαδικασίας περιλαμβάνει την δημοσίευση περίληψης διακήρυξης στον ημερήσιο τύπο, στην Εφημερίδα της Κυβέρνησης καθώς και στην εφημερίδα της Ε.Ε. (όπου απαιτείται από τις σχετικές διατάξεις), με την οποία γνωστοποιείται η ημερομηνία υποβολής προσφορών για την προμήθεια του είδους στο οποίο αναφέρεται η διακήρυξη. Από της δημοσίευσής είναι έτοιμη προς διάθεση στους ενδιαφερόμενους η διακήρυξη στην οποία αναφέρονται λεπτομερώς οι οικονομικοί, τεχνικοί και λοιποί όροι του διαγωνισμού. (Τα επόμενα στάδια είναι κοινά με την κλειστή διαδικασία και αναλύονται παρακάτω.)

Κλειστή διαδικασία (κλειστός διαγωνισμός) :

είναι η μορφή του διαγωνισμού που προσφορά μπορούν να υποβάλλουν μόνο αυτοί που έχουν προεπιλεγεί γι' αυτό. Στον κλειστό διαγωνισμό το πρώτο στάδιο της διαδικασίας αναφέρεται στην πρόσκληση των προμηθευτών για την εκδήλωση του ενδιαφέροντός

τους να συμμετέχουν στις διαδικασίες προμήθειας συγκεκριμένου είδους. Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει :

A) Την δημοσίευση στον τύπο, στην Εφημερίδα της Κυβέρνησης και στην εφημερίδα της Ε.Ε. (όπου απαιτείται), της περίληψης της σχετικής ανακοίνωσης, η οποία περιλαμβάνει την ονομασία του υπό προμήθεια είδους, τον αριθμό της διακήρυξης, το τηλέφωνο του αρμοδίου υπαλλήλου για την παροχή πληροφοριών, τα δικαιολογητικά που πρέπει να συνοδεύουν την αίτηση συμμετοχής, καθώς και την ημερομηνία λήξεως της δυνατότητας υποβολής της αίτησης αυτής.

B) Την αξιολόγηση των αιτήσεων συμμετοχής και την επιλογή των προμηθευτών που θα κληθούν να υποβάλλουν προσφορά. Αυτοί θα πρέπει να πληρούν τις προϋποθέσεις της φερεγγυότητας, επαγγελματικής αξιοπιστίας, υγιούς χρηματοπιστωτικής και οικονομικής κατάστασης και των αναγκαίων τεχνικών δυνατοτήτων. Η αξιολόγηση αυτή πραγματοποιείται από την Επιτροπή Προμηθειών και στη συνέχεια εκδίδεται σχετική απόφαση στην οποία αναφέρονται αυτοί που επελέγησαν να υποβάλλουν προσφορά, αυτοί που απορρίπτονται καθώς και οι λόγοι για τους οποίους απορρίπτονται. Προς αυτούς και μόνο που επελέγησαν, αποστέλλεται ταυτόχρονα η σχετική πρόσκληση με την διακήρυξη, που περιλαμβάνει τους οικονομικούς, τεχνικούς και λοιπούς όρους του διαγωνισμού.

Οι μετά το προαναφερόμενο στάδιο διαδικασίες, είναι κοινές για αυτά τα είδη των διαγωνισμών (ανοικτός – κλειστός) στους οποίους μπορούν να συμμετέχουν εγχώριοι και αλλοδαποί προμηθευτές και είναι οι ακόλουθες :

- Την συγκεκριμένη ημέρα και ώρα που αναφέρεται στην σχετική διακήρυξη, κατάθεση των προσφορών, παραλαβή και αποσφράγισή τους από την αρμόδια επιτροπή.
- Ανακοίνωση ορισμένων στοιχείων των προσφορών σε ταυτόχρονη παρουσία των ενδιαφερομένων (ανοικτός διαγωνισμός) ή μόνο των όσων υπέβαλλαν προσφορά (κλειστός διαγωνισμός).
- Έλεγχος και αξιολόγηση δικαιολογητικών συμμετοχής από τον αρμόδιο της Υπηρεσίας.
- Αξιολόγηση του τεχνικού μέρους των προσφορών.
- Τα στοιχεία των ανωτέρω δύο αξιολογήσεων τίθενται υπόψη της Επιτροπής Προμηθειών, μετά τη γνωμοδότηση της οποίας εκδίδεται σχετική απόφαση στην οποία αναφέρονται οι αποδεκτές προσφορές, οι απορριπτόμενες, καθώς

και οι λόγοι για τους οποίους απορρίπτονται και προσδιορίζεται η ημερομηνία αποσφράγισης των οικονομικών προσφορών.

- Η ανωτέρω απόφαση γνωστοποιείται και έτσι λαμβάνουν γνώση οι συμμετέχοντες στον διαγωνισμό προκειμένου εφ'όσον επιθυμούν, να ασκήσουν το δικαίωμα της υποβολής ένστασης – προσφυγής.
- Αντιμετωπίζονται οι ενστάσεις – προσφυγές που τυχόν θα υποβληθούν.
- Κατά την προκαθορισμένη ημερομηνία αποσφράγισης των οικονομικών προσφορών, η Επιτροπή παραλαβής και αποσφράγισης προσφορών, ενώπιον παντός ενδιαφερομένου (ανοικτός διαγωνισμός) ή μόνον ενώπιον αυτών που υπέβαλλαν προσφορά (κλειστός διαγωνισμός), αποσφραγίζει τους φακέλους των οικονομικών προσφορών και καταχωρεί τα προκαθορισμένα στοιχεία σε σχετικό πίνακα. Ακολουθεί η ανακοίνωση στους παρευρισκόμενους των τιμών που προσεφέρθησαν.
- Ακολουθεί η τελική φάση της διαδικασίας που είναι η κατακύρωση του διαγωνισμού, η οποία πραγματοποιείται με την έκδοση απόφασης μετά από σχετική γνωμοδότηση της Επιτροπής Προμηθειών.
- Της κατακυρωτικής απόφασης λαμβάνουν γνώση οι συμμετέχοντες στον διαγωνισμό προκειμένου εντός τακτής προθεσμίας εφόσον επιθυμούν να ασκήσουν το δικαίωμα της ένστασης ή διοικητική προσφυγή.
- Αφού παρέλθει η προθεσμία για υποβολή ένστασης-προσφυγής ή η προθεσμία για την αντιμετώπιση υποβληθείσας ένστασης-προσφυγής και αν η ένσταση-προσφυγή απορρίπτεται οπότε και έχει δοθεί απάντηση στο ενιστάμενο-προσφεύγοντα προμηθευτή, η υπηρεσία προβαίνει στην έγγραφη με απόδειξη ανακοίνωση της κατακύρωσης σε αυτόν που κατακυρώθηκε η προμήθεια και στη συνέχεια, εντός 10 ημερών υπογράφεται η σύμβαση.
- Από της ανακοίνωσης της κατακύρωσης η σύμβαση θεωρείται συναφθείσα, δηλαδή η ανακοίνωση έχει το συστατικό χαρακτήρα ενώ η σύμβαση τον αποδεικτικό.

Αυτή είναι η όλη ακολουθούμενη διαδικασία διενέργειας των διαγωνισμών. Θα πρέπει να γίνει παραδεκτό το αντικειμενικό και αδιάβλητο που εξασφαλίζει η διαδικασία αυτή, δεδομένου ότι κανένα στάδιό της δεν αντιμετωπίζεται μόνο από ένα όργανο, είτε υπηρεσιακό είτε συλλογικό.

22.9 Εγγυήσεις διαγωνιζομένων

Κάθε διαγωνιζόμενος καλείτε να δώσει ορισμένες εγγυήσεις με τη μορφή εγγυητικής επιστολής. Σχετικά προβλέπονται οι εξής: α) Εγγύηση συμμετοχής στο διαγωνισμό(συνήθως 5% της προϋπολογισθείσας δαπάνης, συμπεριλαμβανομένου και του ΦΠΑ), εκτός αν στη διακήρυξη ορίζεται διαφορετικό ποσοστό β) Ο ανάδοχος προμηθευτής(μειοδότης), οφείλει να δώσει εγγύηση καλής εκτέλεσης της σύμβασης(συνήθως 10% της συνολικής συμβατικής αξίας προ ΦΠΑ), εκτός αν στη διακήρυξη ορίζεται διαφορετικό ποσοστό γ) Εγγύηση προκαταβολής, αν η σύμβαση προβλέπει τη προκαταβολή στον προμηθευτή μέχρι 50% της συνολικής συμβατικής αξίας προ ΦΠΑ δ) Τέλος ενδέχεται η διακήρυξη να προβλέπει την καταβολή εγγύησης καλής λειτουργίας ή διατήρησης(ορίζοντας και τους όρους της σχετικής εγγύησης).

22.10 Τρόποι πληρωμής του προμηθευτή

Ο προμηθευτής πληρώνεται με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

- I. Εξόφληση 100% μετά την οριστική ποιοτική και ποσοτική παραλαβή των ειδών.
- II. Χορήγηση έντοκης προκαταβολής μέχρι 50% της συμβατικής αξίας (προ ΦΠΑ), με τη κατάθεση ισόποσης εγγυητικής επιστολής και την εξόφληση μετά την οριστική ποιοτική και ποσοτική παραλαβή των ειδών.
- III. Πληρωμή 20%(προ ΦΠΑ) με το μακροσκοπικό πρωτόκολλο παραλαβής και εξόφληση μετά την παραλαβή των ειδών.
- IV. Ή με κάθε άλλο τρόπο που ορίζεται στη διακήρυξη.

22.11 Ασυνέπεια προμηθευτή - Κυρώσεις

Ο προμηθευτής ενδέχεται να προβεί σε παρατυπίες τόσο κατά την ανάθεση όσο και κατά την εκτέλεση της σύμβασης. Για κάθε ουσιώδη παρατυπία προβλέπονται διοικητικές κυρώσεις.

Α) Κήρυξη του προμηθευτή ως έκπτωτου. Κύρια διοικητική κύρωση, είναι η κήρυξη του προμηθευτή ως έκπτωτου. Η έκπτωση από την κατακύρωση ή την ανάθεση που έγινε στο όνομά του από κάθε δικαίωμα που απορρέει από αυτήν επιβάλλεται στον προμηθευτή: αν δεν προσέλθει μέσα στην προθεσμία που του ορίστηκε να υπογράψει την σύμβαση και αν δεν φόρτωσε ή παρέδωσε ή αντικατέστησε τα συμβατικά υλικά ή δεν επισκεύασε ή συντήρησε αυτά μέσα στον προβλεπόμενο από τη σύμβαση χρόνο. Προκειμένου για την κήρυξη του προμηθευτή ως έκπτωτου, αυτός έχει το δικαίωμα να υποβάλλει εξηγήσεις στο αρμόδιο συλλογικό όργανο.

Β) Αποκλεισμός προμηθευτή. Για οποιαδήποτε αντικανονική συμπεριφορά σε διαδικασία προμήθειας, κάθε προμηθευτής μπορεί να αποκλειστεί για ορισμένο ή αόριστο χρόνο από συγκεκριμένη ή από όλες τις προμήθειες του δημοσίου. Η σχετική απόφαση λαμβάνεται από τον Υπουργό Ανάπτυξης, ύστερα από αιτιολογημένη εισήγηση του φορέα και του διαγωνισμού, την γνωμοδότηση της Ε. Π. Π. και αφού καλέσει τον ενδιαφερόμενο προμηθευτή για παροχή εξηγήσεων.

Γ) Πρόστιμα. Σε περιπτώσεις κατά τις οποίες η φόρτωση, παράδοση ή αντικατάσταση του αγαθού καθυστερεί πέρα από το συμβατικό χρόνο μπορεί να επιβληθεί χρηματικό πρόστιμο στον προμηθευτή. Το ποσό του προστίμου είναι ποσοστό (από 0,5 έως 10%) επί της συμβατικής αξίας των εκπρόθεσμα παραδοθέντων υλικών, αυξανόμενο ανάλογα με τη διάρκεια της καθυστέρησης.

Δ) Άλλες κυρώσεις. Εκτός από τα παραπάνω μπορούν να επιβληθούν και άλλες κυρώσεις όπως: η κατάπτωση(ολική ή μερική) της εγγύησης ή η προμήθεια του υλικού από άλλη πηγή σε βάρος του έκπτωτου προμηθευτή κ. α.

22.12 Κατασκευάστριες Εταιρείες(Προμηθεύτριες)

Την τελευταία δεκαετία στο χώρο του ιατροβιομηχανικού εξοπλισμού έχουν κάνει την εμφάνισή τους δεκάδες κατασκευάστριες εταιρείες η εταιρική μορφή των οποίων είναι στην πλειοψηφία Α. Ε. Οι εταιρείες αυτές εισήχθησαν στην Ελλάδα(οι περισσότερες) υπό τη μορφή θυγατρικών εταιρειών ενώ άλλες ανέπτυξαν την επιχειρηματική τους δράση στην Ελλάδα συνεργαζόμενες με άλλους οργανισμούς του εξωτερικού. Οι περισσότερες αυτές έχουν διττό χαρακτήρα και σκοπό δηλαδή εμφανίζονται τόσο ως κατασκευάστριες αλλά και ως προμηθεύτριες. Ενδεικτικά αναφέρουμε τις σημαντικότερες εταιρείες σύμφωνα με την εμπορική δραστηριότητά τους στην Ελλάδα και κάποιες πληροφορίες για αυτές.

SIEMENS A.E. , ΕΔΡΑ: ΠΑΡΑΔΕΙΣΟΥ & ΑΡΤΕΜΙΔΟΣ, ΜΑΡΟΥΣΙ.

Η Siemens A. E. διαθέτει ενεργό παρουσία στο χώρο της ιατρικής τεχνολογίας για πάνω από 100 χρόνια. Είναι ο μεγαλύτερος προμηθευτής εξοπλισμού υψηλής τεχνολογίας. Η Siemens έχει αναπτύξει τα τελευταία χρόνια τη μέθοδο SIENET μέσω ενός ολοκληρωμένου συστήματος, PACS (picture archiving and communication system) ψηφιακής επεξεργασίας μεταφοράς και αρχειοθέτησης ακτινοδιαγνωστικών απεικονίσεων. Έχει επίσης δημιουργήσει τη σειρά TOP (time operation performance), ο οποίος βασίζεται σε δίκτυο τοπικών ινών με αποτέλεσμα την επίτευξη μείωσης του χρόνου διάρκειας της εξέτασης.

MEDICAL SYSTEMS, ΕΔΡΑ: ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΠΛΑΣΤΗΡΑ 41, ΝΕΑ ΣΜΥΡΝΗ.

Η κύρια δραστηριότητα της εταιρείας είναι η διάθεση και τεχνική υποστήριξη ιατρικών μηχανημάτων υψηλής τεχνολογίας σε νοσοκομεία, κλινικές και ιδιωτικά ιατρεία . Συνεργάζεται με κορυφαίους κατασκευαστικούς οίκους του εξωτερικού και είναι η μοναδική στην Ελλάδα που διαθέτει όλο το απαραίτητο ανθρώπινο δυναμικό καθώς και τη υλικοτεχνική υποδομή για την εκτέλεση έργων turn-key και την παράδοση στο σύνολο μιας κλινικής ενός νοσοκομείου ή ενός ιατρείου «με το κλειδί στο χέρι». Συγκεκριμένα αναλαμβάνει: την εκπόνηση μελέτης ιατρικού και ξενοδοχειακού εξοπλισμού νοσηλευτικών μονάδων, την εκπόνηση μελέτης εγκατάστασης του εξοπλισμού, την προμήθεια και εγκατάσταση του εξοπλισμού, την εκπαίδευση του ιατρικού και νοσηλευτικού προσωπικού καθώς και την διαρκή τεχνική υποστήριξη του εξοπλισμού.

DIOPHAR A. E. , ΕΔΡΑ: ΚΗΦΙΣΙΑΣ 368 , Χαλάνδρι

Οι δραστηριότητες της σχετίζονται με την αντιπροσωπεία, εισαγωγή και χονδρικό εμπόριο ιατρικών μηχανημάτων, εργαλείων και αναλωσίμου υγειονομικού υλικού, εργαστηριακών οργάνων, νοσοκομειακού εξοπλισμού κ. α.

ERGO A.E.B.E. , ΕΔΡΑ: ΑΓΙΟΥ ΟΡΟΥΣ 15 ΜΑΡΟΥΣΙ

Η εταιρεία ERGO ιδρύθηκε το 1978 με κύρια χαρακτηριστικά την εισαγωγή και εμπορία μηχανημάτων και αναλωσίμων υλικών στον τομέα της αιμοκάθαρσης. Το 1982 ξεκίνησε την παραγωγή της δραστηριότητας με το σχεδιασμό ιατρικών μηχανημάτων τεχνητού νεφρού και περιτοναϊκής κάθαρσης. Το 1990 ξεκίνησε παράλληλα η παραγωγική δραστηριότητα στον τομέα των αναλωσίμων ιατρικών υλικών μιας χρήσης. Σήμερα η εταιρεία κατέχει ηγετική θέση στον τομέα των ιατρικών μηχανημάτων και αναλωσίμων υλικών στην Ελλάδα, έχοντας 2 ξεχωριστές δραστηριότητες στην ιατρική αγορά.

Συμπεράσματα

Το περιεχόμενο της πτυχιακής αυτής εργασίας έγκειται στην ερμηνεία του τρόπου εφαρμογής των υπερήχων, αξονικών και μαγνητικών τομογράφων ως εργαλεία διάγνωσης. Το αντικείμενο της μελέτης προσεγγίζει περισσότερο σε θέματα τεχνικής υφής αφού αυτός είναι ο σκοπός του και λιγότερο σε οικονομικά-διοικητικά θέματα που αποτελεί συγχρόνως και αντικείμενο των σπουδών μας. Παραταύτα η καλή γνώση του θέματος αυτού αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα για σπουδαστή της σχολής μας και μπορεί να τον ωφελήσει στον πολύπλευρο επαγγελματικό «στίβο» του χώρου της υγείας.

Κατά τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας συναντήσαμε ορισμένες δυσκολίες όσον αφορά τη βιβλιογραφία η οποία ως επί το πλείστον ήταν ξενόγλωσση. Επίσης η παροχή πληροφοριών και η εξεύρεση πηγών ιδιαίτερα στους ιδιωτικούς φορείς αποτέλεσε ένα μικρό εμπόδιο.

Η οργάνωση και η ανάπτυξη των κεφαλαίων βασίστηκε στο ίδιο μοτίβο και για τα 3 βασικά είδη του τεχνολογικού εξοπλισμού. Τα δομικά στοιχεία(οργανολογία) του εκάστοτε μηχανήματος μας απασχόλησε ιδιαίτερα αφού άλλωστε το απαιτεί η καλή γνώση αυτών. Τέλος προσπαθήσαμε να τεκμηριώσουμε επιστημονικές έννοιες με απλότητα και σαφήνεια έτσι ώστε να γίνουν κατανοητές και να αποτελέσουν βοήθημα για κάθε σπουδαστή ή για κάποιον που θέλει να εντρυφήσει σε ακτινοδιαγνωστικά θέματα.

Όπως ήδη έχουμε αναφέρει η διαχρονική εξέλιξη των υπολογιστικών τομογράφων(Υ.Τ) έφερε στο προσκήνιο τις αντίστοιχες γενιές Υ.Τ. Η έννοια γενιά σχετίζεται με τη διάταξη της λυχνίας και των ανιχνευτών, την κίνηση και τον αριθμό τους. Αναφέρεται δηλαδή σε μέρη τα οποία στοχεύουν στη λήψη διαγνωστικής εικόνας με υψηλή διακριτική ικανότητα και στην μείωση της δόσης ακτινοβολίας και του χρόνου εξέτασης. Αντίθετα η γενιά δεν σχετίζεται με τα υπόλοιπα μέρη του Υ.Τ., ούτε με την εξέλιξη του Η/Υ του συστήματος. Με βάση λοιπόν τα παραπάνω κριτήρια αξιολόγησης των εκάστοτε γενιών έχουμε συστήματα Υ.Τ. 1^{ης}, 2^{ης}, 3^{ης}, 4^{ης}, 5^{ης} γενιάς με τα τρία τελευταία να χρησιμοποιούνται συχνότερα.

Ένα από τα σημαντικότερα συστήματα διάγνωσης είναι ο τομογράφος ποζιτρονίων. Όπως ήδη έχουμε αναφέρει, ο PET/CT αποτελεί τεχνολογία αιχμής της Πυρηνικής Ιατρικής και της ήδη γνωστής Αξονικής Τομογραφίας σε ένα μηχανήμα. Όπως ήδη έχουμε αναφέρει ο PET/CT λειτουργεί τα τελευταία 3 χρόνια στην Ελλάδα στο Ίδρυμα

Ιατροβιολογικών Ερευνών, στον Ευαγγελισμό και στο θεραπευτήριο Υγεία. Σκοπός του είναι η διάγνωση νευρολογικών και ογκολογικών παθήσεων.

Εκτενή αναφορά έγινε επίσης στη λειτουργία των Διαγνωστικών Υπερήχων. Οι μέθοδοι απεικόνισης αποτέλεσαν κατά τη γνώμη μου σημαντικό ερέθισμα και μας έκανε να αναρωτηθούμε την πρόοδο της τεχνολογίας. Η εξέλιξη της Υπερηχητικής απεικόνισης άρχισε με την εμφάνιση ενός στατικού μονοδιάστατου τρόπου απεικόνισης(A-Mode), συνέχισε με τον TM-Mode, έκανε τεράστια άλματα με την απεικόνιση δύο διαστάσεων(B-Mode) και φτάσαμε στα τελευταία επιτεύγματα της ιατρικής τεχνολογίας, τα συστήματα τρισδιάστατης απεικόνισης 3-D. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ακόμα και αυτές οι σύγχρονες μέθοδοι στηρίζουν τη λειτουργία τους στις ίδιες απλές αρχές των παλαιότερων τρόπων απεικόνισης. Φυσικά οι διάφοροι μέθοδοι απεικόνισης αποτελούν προϊόν των εκάστοτε Υπερηχογραφικών Συστημάτων. Έτσι έχουμε τα Στατικά συστήματα και τα Δυναμικά συστήματα με τα πρώτα να μην διατίθενται πλέον στην αγορά. Η διάκρισή τους αυτή έγκειται στις πληροφορίες που μας παρέχουν κάθε φορά σχετικά με την κίνηση ή με την μορφή μιας ανατομική δομής. Στα Δυναμικά συστήματα η σάρωση, δηλαδή η «λήψη» όλων των απαραίτητων για το σχηματισμό μιας εικόνας γραμμών σάρωσης , γίνεται με ηλεκτρονικό ή μηχανικό τρόπο και με πολύ μεγάλη ταχύτητα. Ειδική μνεία γίνεται στο Φαινόμενο και τις τεχνικές Doppler.

Τα συστήματα διάγνωσης ολοκληρώθηκαν με την αναφορά στο Μαγνητικό Τομογράφο και τις βασικές έννοιες του μαγνητισμού, η αναφορά των οποίων κρίνεται απαραίτητη στην κατανόηση της λειτουργίας του M.T. Σχεδόν όλες οι τεχνικές στη Μαγνητική Τομογραφία, που είναι σε χρήση σήμερα, κάνουν λήψη δεδομένων είτε από πολλαπλές τομές(2D), είτε από μια περιοχή όγκου του ιστού(3D). Σημαντική επίσης εφαρμογή της MRI είναι οι σύγχρονες απεικονιστικές μελέτες του εγκεφάλου(FMRI).

Στην εργασία μας αφιερώσαμε ένα μικρό κεφάλαιο που αφορούσε τα οικονομικά δεδομένα-στοιχεία των συστημάτων. Κρίναμε σκόπιμο η αναφορά μας σε αυτά τα στοιχεία να εστιάσει σε βασικές έννοιες του κόστους που αφορά τα συγκεκριμένα συστήματα και να μην αναλωθούμε σε περισσότερες αναλύσεις ξεφεύγοντας των ζητημάτων τεχνικής υφής της εργασίας μας. Η πτυχιακή εργασία ολοκληρώνεται με την επεξήγηση των νόμων περί προμηθειών και την αναφορά τις διαδικασίες που τις «περιβάλλουν».

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΣΤ

1. Ι.Κανδαράκης, Φυσικές και τεχνολογικές αρχές ακτινοδιαγνωστικής, 1994, Εκδόσεις "Έλλην".
2. ΕΦΙΕ: Υπό έκδοση Πρωτόκολλο ποιοτικού ελέγχου Υπολογιστικού τομογράφου.
3. Νεότερες Απεικονιστικές Μέθοδοι –Αξονική Τομογραφία.
4. Βέρρας Σωτήριος- Τεχνολόγος Ιατρικών Οργάνων (Τ. Ι. Ο.)-Συνέντευξη.
5. Πανεπιστήμιο Κρήτης – Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας υλικών.
6. Γενικό Νοσοκομείο Πάτρας «Άγιος Ανδρέας». Τμήμα Διαχείρισης Υλικού, Οικονομικό Τμήμα, Τεχνική Υπηρεσία.
7. Διαδίκτυο/Internet.(www.google.gr).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ PET / CT

1. Ευθυμιάδου Ρωξάνη, Ακτινολόγος « Εγκυκλοπαίδεια Υγείας 2007 ».
2. Διαγνωστικό & Θεραπευτικό Κέντρο « ΥΓΕΙΑ »/ www.hvgeia.gr
3. Δημοσιογραφικός Οργανισμός Λαμπράκη Α.Ε. « ΤΑ ΝΕΑ on line ».
4. Ακαδημία Αθηνών: Ίδρυμα Ιατροβιολογικών Ερευνών. Ερευνητικό έργο κ. Γρηγόρης Σκαλέας - Πρόεδρος του Ιδρύματος.
5. Γενικό Νοσοκομείο « ΕΥΑΓΓΕΛΙΣΜΟΣ ».

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΔΥ

- 1. Παύλος Σκλαβούνος- Κων/νος Θανασούλας «Διαγνωστικοί Υπέρηχου», Ελληνικές Τεχνολογικές Εκδόσεις.**
- 2. Κανδαράκης Ι. «Φυσικές & Τεχνολογικές Αρχές Ακτινοδιαγνωστικής», Εκδόσεις «Έλλην» 1994.**
- 3. Κανδαράκης Ι. & Δαμηλάκης Ι. «Φυσική και Τεχνολογία Υπερήχων», ΤΕΙ Αθήνας 2006.**
- 4. Εγκυκλοπαίδεια «ΔΟΜΗ», Τόμος 13, Έκδοση 6^η.**
- 5. Paul G. Hewitt «Οι Έννοιες της Φυσικής ΤΟΜΟΣ 2» Μετάφραση: Ελένη Σηφάκη.**
- 6. Βέρρας Σωτήριος «Σημειώσεις Εργαστηρίου 2005» Τμήμα Τεχνολογίας Ιατρικών Οργάνων/ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ.**

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ Μ. Τ.

1. Ιωάννης Σ. Κανδαράκης « Τεχνολογία Ιοντίζουσων Ακτινοβολιών ΙΙΙ
2. Απόστολος Χ. Καραντάνας «Μαγνητική Τομογραφία- Φυσικές Αρχές- Ερμηνεία της εικόνας.
3. Δημάκης Π. «Εγχειρίδιον Τεχνικής Ιατρικών Μηχανημάτων ΙΙΙ » ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ.
4. Εγκυκλοπαίδεια «ΔΟΜΗ» Τόμος 13, Έκδοση 6^η.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

1. Διαχείριση Τεχνολογίας Μονάδων Υγείας- Οικονομικό Μέρος. Τμήμα ΔΜΥΠ-ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ.

2. Λογιστική Μονάδων Υγείας και Πρόνοιας. Τμήμα ΔΜΥΠ-ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ.

3. Γενικό Νοσοκομείο Πάτρας « Άγιος Ανδρέας ». Οικονομική Υπηρεσία-Λογιστήριο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΠΡΟΜΗΘΕΙΩΝ

- 1. Λογιστική Μονάδων Υγείας και Πρόνοιας. Τμήμα ΔΜΥΠ – ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ.**
- 2. Παράρτημα: Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως.**
- 3. Γενικό Νοσοκομείο Πάτρας « Άγιος Ανδρέας ». Τμήμα Προμηθειών.**
- 4. Siemens, Έδρα: Παραδείσου & Αρτέμιδος Μαρούσι.**
- 5. Medical Systems, Έδρα: Νικολάου Πλαστήρα 41 Νέα Σμύρνη.**
- 6. Diophar A.E. , Έδρα: Κηφισίας 368 Χαλάνδρι.**
- 7. Ergo A.E.B.E. , Έδρα: Αγίου Όρους 15 Μαρούσι**

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

➤ ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ & ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΜΕΣΑ CT

Με τον όρο ποιοτικός έλεγχος ή διασφάλιση ποιότητας (quality control, quality assurance) χαρακτηρίζονται συνολικά μια σειρά έλεγχοι και μετρήσεις που στοχεύουν στη διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας των μηχανημάτων, της υψηλής ποιότητας των διαγνωστικών εικόνων αλλά και των κανόνων ακτινοπροστασίας ασθενών και προσωπικού. Οι μετρήσεις και οι έλεγχοι αναφέρονται σε καθορισμένες παραμέτρους που αφορούν:

1. την ποιότητα της εκπεμπόμενης δέσμης
2. τη μορφή (γεωμετρία) της δέσμης
3. την παροχή (ή έξοδο) της λυχνίας.
4. την απόδοση και ομαλή λειτουργία διαφόρων εξαρτημάτων και περιφερειακών των ακτινολογικών συστημάτων, π.χ αντιδιαχυτικό διάφραγμα, εμφανιστήριο κλπ.
5. την ποιότητα της εικόνας
6. τις πιθανές διαρροές ακτινοβολίας
7. την ηλεκτρική και μηχανική σταθερότητα και ακεραιότητα και
8. την ηλεκτρική ασφάλεια.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι η οργανολογία και η μεθοδολογία των μετρήσεων εξελίσσεται συνεχώς. Αποτέλεσμα αυτής της εξέλιξης είναι η μεγάλη ποικιλία δυνατοτήτων και εξειδικευμένων ελέγχων αλλά και ο απλούστερος και ακριβέστερος προσδιορισμός της τιμής των διαφόρων παραμέτρων. Απαραίτητο στοιχείο ενός προγράμματος (πρωτοκόλλου) ποιοτικού ελέγχου είναι η χρήση μιας σειράς από ιδιόμορφα αντικείμενα των οποίων λαμβάνονται διάφορες εικόνες. Τα αντικείμενα αυτά ονομάζονται συνήθως ομοιώματα (phantoms), πρότυπα (patterns) ή αντικείμενα ελέγχου (test objects).

Πάχος υποδιπλασιασμού

Το πάχος υποδιπλασιασμού χαρακτηρίζει την ποιότητα της δέσμης. Το πάχος αυτό εξαρτάται από το φίλτρο της λυχνίας και από τα kVp. Η μέτρηση του επιτυγχάνεται με τη

βοήθεια μιας σειράς πλακιδίων (φίλτρο) από αλουμίνιο ή χαλκό. Τα πλακίδια παρεμβάλλονται αθροιστικά στην πορεία της δέσμης μέχρι η εξερχόμενη ένταση να ελαττωθεί στο μισό. Για τη μέτρηση της έντασης πριν και μετά από τα πλακίδια απαιτούνται κατάλληλοι θάλαμοι ιονισμού.

Σύμφωνα με τους κανονισμούς ακτινοπροστασίας έχουμε :

- Για υψηλή τάση μέχρι 50 kVp : 0.5 mmAl
- Για τάσεις από 50 έως 70 kVp : 1.2-1.5 mmAl
- Για τάσεις από 70 έως 100 kVp : 2.1-2.7 mmAl
- Για τάσεις από 100 έως 150 kVp : 2.7-4.1 mmAl

Τάση λυχνίας

Η τάση στα άκρα της λυχνίας είναι μια άλλη παράμετρος που καθορίζει την ποιότητα της δέσμης .Η μέτρηση της τάσης μπορεί να γίνει με τη βοήθεια διαφόρων οργάνων όπως ηλεκτρονικό βολτόμετρο ,μετρητή διεισδυτικότητας (peretrometer),ψηφιακό μετρητή kVp (digital kVp meter),ειδικές κασέτες κ.λ.π.

Χρόνος έκθεσης (λήψης)

Ο χρόνος καθορίζει την συνολική ποσότητα της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας και συνεπώς την οπτική πυκνότητα στο φιλμ. Ο έλεγχος μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους όπως με ένα ψηφιακό χρονομετρητή έκθεσης (Digital X-ray Exposure Timer) ή με ένα ειδικό σύστημα στρεφόμενου δίσκου (Spinning Top).

Έξοδος ή παροχή λυχνίας

Η μέτρηση της εξόδου μιας λυχνίας μπορεί να γίνει με την βοήθεια ενός θαλάμου ιονισμού κατάλληλα ρυθμισμένου και τοποθετημένου σε καθορισμένη απόσταση από την εστία. Οι μετρήσεις πρέπει να γίνονται πάντοτε με την ίδια γεωμετρία. Η έξοδος προσδιορίζεται είτε με σειρές μετρήσεων, είτε με βάση την κυματομορφή που παρουσιάζεται στην οθόνη του

παλμογράφου, είτε με όργανα που ονομάζονται μετρητές γινομένου δόσης - εμβαδού - DAP (Dose Area Product).

Μέγεθος Εστίας

Το μέγεθος της εστίας είναι μια παράμετρος καθοριστική για την ποιότητα των εικόνων της ακτινοδιαγνωστικής. Η μέτρηση μπορεί να γίνει με την λεγόμενη «κάμερα σπής καρφίτσας» (Pinhole Camera), με κατάλληλα «πρότυπα αστέρος» (Star Patterns), με ειδικό «πρότυπο με ζεύγη γραμμών» (Line Pair Resolution Pattern) ή λωρίδων (Bar Pattern).

Χωρική διακριτική ικανότητα και συνάρτηση μεταφοράς διαμόρφωσης (MTF)

Η χωρική διακριτική ικανότητα ή διακριτικότητα είναι ένα μέγεθος που εκφράζει την ικανότητα ενός απεικονιστικού συστήματος να απεικονίζει ως ξεχωριστές συχνότητες δυο λεπτομέρειες (δομές), πολύ μικρών διαστάσεων που βρίσκονται πολύ κοντά η μια στην άλλη.

Η συνάρτηση μεταφοράς διαμόρφωσης (MTF) αντιστοιχεί στην διαφορά της μέγιστης μείον την ελάχιστη οπτική πυκνότητα σε δεδομένη τιμή συχνότητας και αποτελεί μέσο εκτίμησης της πιστότητας ενός απεικονιστικού συστήματος.

Η μέτρηση αυτών των μεγεθών μπορεί να γίνει με την χρήση ειδικών προτύπων διακριτικής ικανότητας (X-Ray Resolution Patterns).

Θόρυβος

Με τον όρο θόρυβος υπονοείται το σύνολο των πληροφοριών (διαμόρφωση) που περιέχονται σε μια εικόνα και οι οποίες δεν έχουν διαγνωστική αξία. Ο θόρυβος εκτιμάται από τις στατιστικές διακυμάνσεις της οπτικής πυκνότητας ή της φωτεινότητας σε μια εικόνα που προκύπτει από ομοιόμορφη ακτινοβολία του ανιχνευτή εικόνας. Ένας τρόπος έκφρασης του θορύβου στο οπτικό πεδίο των συχνοτήτων είναι μέσω του φάσματος πλάτους ή συχνότερα μέσω του φάσματος ισχύος θορύβου ή φάσματος Wiener. Το φάσμα Wiener μπορεί να υπολογισθεί μέσω του μετασχηματισμού Fourier της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης.

Σύμπτωση φωτεινού πεδίου και πεδίου ακτίνων X

Ο έλεγχος της σύμπτωσης αυτών των δύο πεδίων ,που είναι απαραίτητη για σωστές λήψεις ακτινογραφιών ,μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους. Με διάφορες λήψεις ελέγχεται η θέση της εικόνας ορισμένων προτύπων όταν είναι γνωστή η θέση των ίδιων προτύπων στο φωτεινό πεδίο.

Εμφανιστήριο

Ο έλεγχος του εμφανιστηρίου έχει ως στόχο την επισήμανση πιθανών μεταβολών στις παραμέτρους που καθορίζουν το τελικό αποτέλεσμα ,δηλαδή το εμφανισμένο φιλμ. Η διαδικασία βασίζεται στην έκθεση ενός φιλμ σε ακτινοβολία ενός ειδικού οργάνου που ονομάζεται ευαισθησιόμετρο.

Κασέτες

Αυτό που συνήθως ελέγχεται στις κασέτες είναι η καλή επαφή ενισχυτικής πινακίδας – φιλμ και η ταχύτητα της ενισχυτικής πινακίδας. Η καλή επαφή ελέγχεται με την βοήθεια ειδικού συρμάτινου και επίπεδου (πλαστικοποιημένου) μεταλλικού πλέγματος. Το πλέγμα τοποθετείται επάνω στην κασέτα με το φιλμ και γίνεται μια λήψη. Τυχών ασάφειες ή παραμορφώσεις στην εικόνα που αποτυπώνεται στο φιλμ είναι ενδεικτικές κακής επαφής.

Ενισχυτές Εικόνας

Μερικοί από τους ελέγχους που γίνονται στους ενισχυτές εικόνας είναι :

- Ο έλεγχος της σύμπτωσης του πεδίου των ακτίνων X και της περιοχής που απεικονίζεται στην οθόνη της τηλεόρασης
- Ο έλεγχος για παραμορφώσεις στην εικόνα
- Ο έλεγχος της χωρικής διακριτικής ικανότητας

- Ο έλεγχος της αντίθεσης ή της αντιθετικής ικανότητας

Οι διασταυρωμένες λωρίδες και τα πλέγματα είναι τα αντικείμενα ελέγχου ενισχυτή εικόνας.

Έλεγχος του συστήματος αυτομάτου ελέγχου έκθεσης

Χρησιμοποιείται χρονόμετρο για να προσδιοριστεί η χρονική κατά την οποία ενεργοποιείται το σύστημα διακοπής της έκθεσης για δεδομένη τιμή οπτικής πυκνότητας στο φιλμ. Επίσης μετράτε η οπτική πυκνότητα με οπτικό πυκνόμετρο και η έκθεση που αντιστοιχεί στους θαλάμους του συστήματος με άλλο κατάλληλο θάλαμο ιονισμού (δοσίμετρο).

Έλεγχος Κλασικού Τομογράφου

Μέσα σε αυτόν , υπόκειται ο έλεγχος του ύψους της τομής, ο οποίος γίνεται με ένα αντικείμενο κυλινδρικής μορφής από ένα Perrex στο εσωτερικό του οποίου βρίσκονται τοποθετημένοι αριθμοί από μόλυβδο σε διάφορα βάθη από την άνω επιφάνεια του κυλίνδρου. Ένας άλλος έλεγχος αφορά τη γωνιά στροφής της λυχνίας ακτίνων Χ. Γίνεται με τη χρήση ενός φιλμ που τοποθετείται επάνω στην εξεταστική τράπεζα του μηχανήματος. Ένας ακόμα έλεγχος αφορά το συγχρονισμό της κίνησης της λυχνίας και της κασέτας. Ο συγχρονισμός αυτός, ελέγχεται με την απεικόνιση ενός αντικειμένου μικρών διαστάσεων, που βρίσκεται στο τοπογραφικό επίπεδο.

Ποιοτικός Έλεγχος Υπολογιστικού τομογράφου

Ο έλεγχος των κυριότερων παραμέτρων που σχετίζονται με την ποιότητα της εικόνας των συστημάτων υπολογιστικής τομογραφίας, γίνεται με τη χρήση κατάλληλων ομοιωμάτων. Πρόκειται για κατασκευές από κατάλληλο υλικό (π.χ Perrex) που έχουν συνήθως σχήμα κυλινδρικού σωλήνα. Στο εσωτερικό του σωλήνα υπάρχει νερό. Στον ίδιο χώρο υπάρχουν και

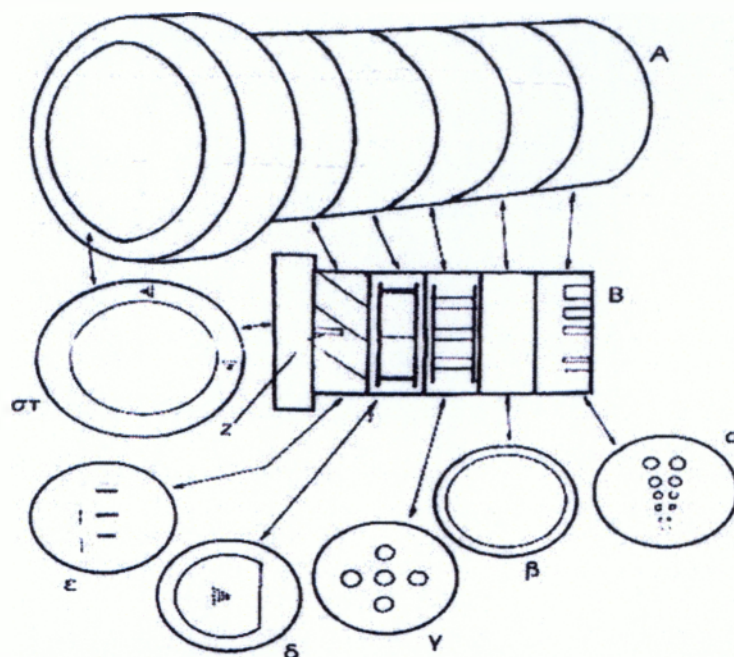
ειδικές κατασκευές με την βοήθεια των οποίων προσδιορίζονται οι παράμετροι που αφορούν την ποιότητα εικόνας. Ο έλεγχος γίνεται αφού το ομοίωμα τοποθετηθεί στο εξεταστικό τραπέζι και γίνουν οι σχετικές λήψεις εικόνων. Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνονται τα εξής τμήματα :

- α) Το τμήμα διακριτικής ικανότητας χαμηλής αντίθεσης.
- β) Το τμήμα προσδιορισμού του αριθμού C.T του ύδατος και της τυπικής απόκλισης του θορύβου.
- γ) Το τμήμα προσδιορισμού της αντίθεσης εικόνας.
- δ) Το τμήμα χωρικής διακριτικής ικανότητας.
- ε) Το τμήμα προσδιορισμού του πάχους της τομής (φέτας).

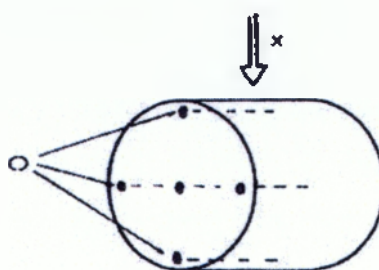
στ) Υπάρχει ακόμα ένας δακτύλιος από Reprex, μεγάλης διαμέτρου 33cm ο οποίος περιβάλλει εξωτερικά την μια άκρη του ομοιώματος. Ο δακτύλιος αυτός χρησιμοποιείται για προσομοίωση τομής σε περιοχές του σώματος με μεγάλες διαστάσεις, (κοιλία, θώρακας).

ζ) Υπάρχει τέλος μια εσοχή στο εσωτερικό της οποίας εισάγεται μια μικρή ράβδος/ακίδα από αλουμίνιο. Έτσι ,υποβοηθείται η ευθυγράμμιση του ομοιώματος. Στην ίδια εσοχή μπορεί να τοποθετηθεί κατάλληλη διάταξη μέτρησης της απορροφούμενης δόσης (δοσιμετρία).

Εκτός από το ομοίωμα που περιγράφηκε, υπάρχουν και πολλά άλλα που αποτελούν παραλλαγές του προαναφερθέντος. Υπάρχουν επίσης και ομοιώματα που έχουν το σχήμα διαφόρων οργάνων ή τμημάτων του ανθρώπινου σώματος, τα οποία ονομάζονται «ανθρωπόμορφα ομοιώματα».



Το ομοίωμα της AAPM για υπολογιστική τομογραφία
 Α: εξωτερική μορφή, Β: διαμήκης τομή, α, β, γ, δ, ε, στ: εγκάρσιες τομές



Ομοίωμα δοσιμετρίας
 Χ: δέσμη ακτίνων Χ, Ο: θέσεις οπών

Δοσιμετρία στην υπολογιστική τομογραφία

Η μέτρηση της απορροφούμενης δόσης δηλαδή ο προσδιορισμός της επιβάρυνσης του ασθενούς με ακτινοβολία, επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους. Οι συνηθέστερες μέθοδοι μέτρησης βασίζονται στη χρήση δοσιμέτρου θερμοφωταύγειας ή θαλάμων ιονισμού. Τα δοσίμετρα φωταύγειας είναι κρυσταλλικά πλακίδια τα οποία απορροφούν την προσπίπτουσα

ακτινοβολία. Τα δοσίμετρα θαλάμου ιονισμού έχουν κυλινδρική επιμήκη μορφή, μήκους περίπου 10 cm και μικρής διαμέτρου. Για την κατασκευή του θαλάμου χρησιμοποιείται πολυεστέρας .

➤ ΠΟΣΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Έλεγχος στο κύριο σώμα Gantry

- Κάνουμε έλεγχο και αντικατάσταση των λυχνιών θέσης.
- Ελέγχουμε την περιστροφική μονάδα (πλάκα) όπου είναι τοποθετημένοι η λυχνία και ανιχνευτές με το σύστημα λήψης δεδομένων. Η πλάκα οδηγείται από ένα σερβοκινητήρα, στον οποίο ελέγχουμε τις τοποθετήσεις των βιδών, οι οποίες μπορεί να έχουν χαλαρώσει ή σπάσει τους μεγάλους κραδασμούς.
- Κάνουμε καθαρισμό του χώρου θωρακίσεως από σκόνες και βρωμιές.
- Γίνεται λίπανση στον κύλινδρο της λυχνίας ισχύος η οποία είναι τοποθετημένη με κλίση προς τα έξω. Η λίπανση γίνεται για τυχόν τριβές και φθορές καθώς και για την μείωση της θερμότητας.
- Επίσης γίνεται λίπανση και στα καλώδια οδήγησης.

Έλεγχος Λειτουργίας Κρεβατιού (Εξεταστική Τράπεζα)

- Ελέγχουμε τα εσωτερικά καλώδια του κρεβατιού, για την περίπτωση μπερδέματος και γίνεται έλεγχος του σφιγκτήρα.
- Κάνουμε λίπανση του υποστηρίγματος του κεφαλιού.
- Γίνεται έλεγχος της κίνησης ταχύτητας του κρεβατιού: Πρέπει να εκτελεί μεγάλες διαμήκεις διαδρομές πάνω από 150cm. Επίσης να έχουμε πλήρη ακινητοποίηση στις επιθυμητές μας θέσεις, γι' αυτό διατίθενται μαγνητικά φρένα.
- Οι εγκάρσιες μετατοπίσεις να είναι $\pm 10-15\text{cm}$.
- Οι κατακόρυφες μετατοπίσεις να είναι $\pm 30-40\text{cm}$.

- Κάνουμε έλεγχο στα έμβολα τα οποία είναι τοποθετημένα έτσι ώστε μέσω της πνευματικής πίεσης (υδραυλική αντλία ελαίου), σε περίπτωση προσέγγισης σε κάποιο εμπόδιο, να διακοπεί η λειτουργία του κρεβατιού.
- Κάνουμε έλεγχο της στάθμης της αντλίας λαδιού.

Έλεγχος στο Σύστημα Ακτίνων-Χ

- Ελέγχουμε τη λυχνία ακτίνων-χ και την τάση πηγής της .
- Οι τιμές που διαλέγουμε στις εξετάσεις είναι των : 90,110,120 και 130 kVp και 50,100,200 mA. Τις τιμές τις παίρνουμε με την βοήθεια πολύμετρων ακτίνων-χ που έχουν την δυνατότητα να μετρούν την απορροφούμενη δόση, τα kVp και το χρόνο έκθεσης με μία μέτρηση. Εξετάζουμε δηλαδή την σταθερότητα της υψηλής τάσης που παρέχει η γεννήτρια υψηλής συχνότητας.
- Ελέγχουμε την θερμοχωρητικότητα της ανόδου, που διαφέρει ανάλογα με τον τύπο του μηχανήματος.
- Ελέγχουμε την θήκη της λυχνίας των ακτίνων-χ και τις βίδες που την συγκρατούν, οι οποίες χαλαρώνουν από τους κραδασμούς.
- Ελέγχουμε την λειτουργία του αισθητήρα του ανεμιστήρα, που εκτοξεύει ψυχρό αέρα στην άνοδο της λυχνίας.
- Γίνεται έλεγχος του ροοστάτη και αντικατάσταση του ρότορα.

Έλεγχος στους Ανιχνευτές

- Ελέγχουμε την έξοδο της λυχνίας. Οι ανιχνευτές πρέπει να είναι σε απόσταση από την εστία 70cm έως 1 m. Οι μετρήσεις πρέπει να γίνονται πάντα με την ίδια γεωμετρία (ίδιο μέγεθος πεδίου, απόσταση και επικέντρωση) kVp, mA και sec, ώστε να ελέγχεται η σταθερότητα του συστήματος (αποδεκτές διαφορές έως $\pm 5\%$). Οι μετρήσεις της εξόδου της λυχνίας πρέπει να γίνονται πρέπει να χαρακτηρίζονται από επαναληψιμότητα και γραμμικότητα.

- Επίσης μπορούμε να πετύχουμε ευθυγράμμιση της λυχνίας ακτινών-x με την σύμπτωση του φωτεινού πεδίου και του πεδίου ακτινοβολίας.
- Ελέγχουμε την υψηλή τάση εξόδου του ανιχνευτή, η διαφορά δυναμικού μεταξύ των πλακών του οποίου είναι της τάξης των 500 Volt. Επειδή όμως το φορτίο εξόδου του ανιχνευτή είναι ανεξάρτητο από τη μεταβολή της τάσης δεν απαιτείται συνεχής ρύθμιση. Αυτό ισχύει για ανιχνευτές θαλάμων ιονισμού σε αντίθεση με τους σπινθηριστές, στους οποίους η συλλογή φορτίων οφείλεται στην αναπτυσσόμενη διαφορά δυναμικού.

Έλεγχος στο Σύστημα Λήψης Δεδομένων

- Γίνεται έλεγχος για τυχόν χαλαρή σύζευξη μεταξύ ανιχνευτών και ολοκληρωτών πολλών καναλιών (διαύλων), ανάμεσα στους οποίους παρεμβάλλεται μια ενισχυτική βαθμίδα.
- Ελέγχουμε την τάση της πηγής με την βοήθεια κατάλληλων κυκλωμάτων για την σταθεροποίηση των ανιχνευτών.
- Σημαντικός παράγοντας είναι η δυναμική περιοχή των σημάτων που γίνονται αποδεκτοί από το σύστημα λήψης δεδομένων.

Κονσόλα Χειρισμού

- Κάνουμε καθαρισμό του ανεμιστήρα και του φίλτρου αέρος.
- Ελέγχουμε τον μετασχηματιστή και τη ψηφιακή μνήμη όπου γίνονται οι μαθηματικές πράξεις (αλγόριθμοι). Αυτό επιτυγχάνεται με την βοήθεια ειδικού επεξεργαστή, με την ονομασία επεξεργαστής πινάκων (array processor).
- Έλεγχος και αντικατάσταση μπαταρίας.

- Γίνεται έλεγχος του διακόπτη λειτουργίας (συνήθως τριπολικός), που ενεργοποιείται όταν πιέζεται και για λόγους προστασίας του χρήστη συνδέεται με καλώδιο μήκους 2m τουλάχιστον με την κονσόλα.
- Κάνουμε καθαρισμό της κεφαλής του εύκαμπτου δίσκου (floppy disk).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ U/S

Γενικά

Ο όρος ποιοτικός έλεγχος χαρακτηρίζει ένα σύνολο από μετρήσεις και ελέγχους παραμέτρων που καθορίζουν τη λειτουργική κατάσταση ενός απεικονιστικού συστήματος. Ο έλεγχος αυτός γίνεται είτε περιοδικά είτε μετά από κάποια ηλεκτρομηχανική επέμβαση(συντήρηση ή επισκευή). Οι συνθήκες και οι προδιαγραφές του ελέγχου είναι προσαρμοσμένες στις ανάγκες του τμήματος και παραμένουν κάθε φορά σταθερές.

Στόχος της όλης διαδικασίας είναι η διατήρηση της καλής λειτουργίας του συστήματος για τη μεγιστοποίηση και βελτιστοποίηση των πληροφοριών που παρέχονται, τόσο από την εικόνα όσο και από τις διάφορες μετρήσεις. Καθώς επίσης είναι η διασφάλιση συνθηκών ασφαλούς λειτουργίας κατά τη διάρκεια των εξετάσεων, όχι μόνο για τον ασθενή αλλά και για το προσωπικό. Για την εφαρμογή ενός προγράμματος ποιοτικού ελέγχου θα πρέπει σε κάθε τμήμα υπερηχογραφίας να βρίσκονται α) αρχείο με τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τα στοιχεία των μηχανημάτων, όπως παρέχονται από τον κατασκευαστή, β) πλήρεις οδηγίες χειρισμού, γ) λεπτομερή στοιχεία για τη συντήρηση και τις τυχόν βλάβες του μηχανήματος, δ) λεπτομερής καταγραφή των αποτελεσμάτων των προηγούμενων ποιοτικών ελέγχων σε κατάλληλους πίνακες.

Εξοπλισμός

Απαραίτητο στοιχείο του εξοπλισμού που απαιτείται για τον ποσοτικό προσδιορισμό μιας σειράς παραμέτρων, που σχετίζονται με την ποιότητα της εικόνας και τη λειτουργική κατάσταση των συστημάτων ακουστικής απεικόνισης, είναι το ομοίωμα(phantom ή test object). Θα πρέπει δηλαδή το ομοίωμα, κατά αλληλεπίδραση του με το μηχάνημα να συμπεριφέρεται-τουλάχιστον κατά προσέγγιση- όπως το ανθρώπινο σώμα. Μόνο μέσα σε τέτοιες συνθήκες, οι διάφορες μετρήσεις και οι τυχόν ρυθμίσεις στο ελεγχόμενο μηχάνημα θα έχουν πρακτική αξία, τόσο για τη σωστή

διεξαγωγή των εξετάσεων όσο και γενικότερα για τη λειτουργική κατάσταση του μηχανήματος.

Μια κατηγορία ομοιωμάτων, από αυτά που χρησιμοποιούνται για μετρήσεις σε υπερηχοτομογραφικά συστήματα, είναι τα ομοιώματα ισοδύναμα ιστού. Στα ομοιώματα αυτά εκτός από τη γεωμετρική δομή, δηλαδή τη συγκεκριμένη διάταξη ορισμένων στόχων προς τους οποίους κατευθύνεται η ηχητική δέσμη, πρωτεύοντα ρόλο παίζουν και τα υλικά κατασκευής, τα οποία πρέπει να παρουσιάζουν ακουστική συμπεριφορά ισοδύναμη με αυτή των μαλακών ιστών.

Ο όρος ακουστική συμπεριφορά περικλείει μια ποικιλία φαινομένων και μηχανισμών, μέσω των οποίων πραγματοποιείται η αλληλεπίδραση της ηχητική δέσμης με τα υλικά. Στην πράξη, η ακουστική ισοδυναμία ενός υλικού με τους μαλακούς ιστούς σημαίνει ότι το χρησιμοποιούμενο υλικό θα χαρακτηρίζεται, τουλάχιστον για ορισμένη περιοχή συχνοτήτων και θερμοκρασιών, από συντελεστή εξασθένησης, οπισθοσκέδασης και ταχύτητα διάδοσης του ήχου ίδιους με αυτούς των ιστών.

Τα ομοιώματα μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με τον προορισμό τους, τις παραμέτρους που ελέγχονται με αυτά, τα υλικά κατασκευής τους, τις μεθόδους ελέγχου κ. λ. π. Οι βασικές κατηγορίες ομοιωμάτων είναι: α) απλά ομοιώματα ελέγχου, β) ομοιώματα ισοδύναμα ιστών και γ) ανθρωπομορφικά ομοιώματα. Στην πρώτη κατηγορία βασικό ρόλο παίζουν ορισμένα εσωτερικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά και η ταχύτητα διάδοσης του ήχου. Στη δεύτερη κατηγορία, εκτός από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, κεντρικό ρόλο παίζουν οι ακουστικές ιδιότητες των υλικών. Μεγάλο μέρος της έρευνας σήμερα στον τομέα των ομοιωμάτων προσανατολίζεται προς τη μελέτη τέτοιων υλικών. Τα ανθρωπομορφικά είναι μια ειδική κατηγορία ομοιωμάτων, τα οποία χρησιμοποιούνται πολύ για εκπαίδευση στο χειρισμό μηχανημάτων, στις τεχνικές σάρωσης και στην καλύτερη κατανόηση των παρουσιαζόμενων εικόνων.

Προετοιμασία για διεξαγωγή μετρήσεων

Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει την επιλογή του κατάλληλου μεταλλάκτη, τη σωστή τοποθέτηση του ομοιώματος και τη ρύθμιση των στοιχείων λήψης υπερηχογραφικών εικόνων για τη διεξαγωγή των μετρήσεων.

Επιλογή μεταλλάκτη

Η προετοιμασία των μετρήσεων αρχίζει με την επιλογή του μεταλλάκτη, του οποίου η ονομαστική συχνότητα, η διάμετρος, καθώς και ο αριθμός σειράς καταγράφονται στο ειδικό αρχείο. Αυτό γίνεται επειδή ο τύπος του μεταλλάκτη είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος της διαδικασίας. Η σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων των περιοδικών ελέγχων και, κατά συνέπεια, η εκτίμηση για το αν κάποια από τις ελεγχόμενες παραμέτρους έχει υποβαθμιστεί ή όχι, έχει νόημα μόνο αν οι μετρήσεις έχουν γίνει με τον ίδιο μεταλλάκτη. Σε περίπτωση αλλαγής του, απαιτείται νέα σειρά μετρήσεων, τα αποτελέσματα των οποίων δεν είναι συγκρίσιμα με τα προηγούμενα.

Τοποθέτηση ομοιώματος

Το επόμενο βήμα της διαδικασίας είναι η σωστή τοποθέτηση του ομοιώματος και η ευθυγράμμισή του σε σχέση με τον άξονα μεταλλάκτη-δέσμης. Αυτό σημαίνει ότι η επιφάνεια του μεταλλάκτη θα πρέπει (όταν αυτό είναι δυνατό) να είναι συνεπίπεδη τόσο με την οριζόντια επιφάνεια σάρωσης του ομοιώματος, όσο και με το τραπέζι ή κρεβάτι πάνω στο οποίο είναι τοποθετημένο το ομοίωμα.

Με ανάλογο τρόπο θα πρέπει να ελέγχεται η δυνατότητα καλής επαφής και με τις δύο κατακόρυφες επιφάνειες σάρωσης του ομοιώματος-να είναι δηλ. η επιφάνεια του μεταλλάκτη και η εκάστοτε επιφάνεια σάρωσης συνεπίπεδες.

Στοιχεία λήψης

Στην αρχή γίνεται η επιλογή του λεγόμενου πλάτους παλμού αναφοράς(ή στάθμη αναφοράς) στο οποίο γίνεται συχνή αναφορά. Στην πράξη η επιλογή αυτή γίνεται καθορίζοντας κάποιο ύψος σήματος A-mode, το οποίο στη συνέχεια και για όλους τους επόμενους περιοδικούς ελέγχους θα θεωρείται ως στάθμη αναφοράς. Μπορεί επίσης να καθορισθεί μια στάθμη έντασης σε decibel πάνω από το κατώφλι στη B)mode απεικόνιση.

Σημειώνονται, επίσης, μια σειρά άλλα στοιχεία όπως: ταχύτητα σάρωσης. Ρυθμός εναλλαγών πλαισίων και γωνία κυκλικού τομέα για τα αντίστοιχα δυναμικά συστήματα, καθώς και το βάθος του εκάστοτε επιλεγόμενου ορατού πεδίου.

Ειδικές μετρήσεις

A) ΧΩΡΙΚΗ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ

Η χωρική διακριτική ικανότητα εκφράζει την ελάχιστη απόσταση που πρέπει να απέχουν δύο στόχοι ώστε να μπορούν να απεικονισθούν ως ξεχωριστά σημεία.. Η σημασία που έχει η μέτρησή της σε ένα υπερηχογραφικό σύστημα είναι η εξακρίβωση του πόσο λεπτομερειακά μπορεί να απεικονισθεί η εξεταζόμενη περιοχή. Για λόγους που έχουν σχέση με τις φυσικές αρχές των υπερήχων, η διακριτική ικανότητα κατά μήκος της διεύθυνσης διάδοσης των ηχητικών κυμάτων(αξονική)είναι διαφορετική από αυτήν κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης(εγκάρσια).

B) ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η ευαισθησία είναι μέγεθος που χαρακτηρίζει την ικανότητα του υπερηχοτομογραφικού συστήματος να ανιχνεύει ασθενή ηχητικά σήματα κυρίως αυτά που προέρχονται από φαινόμενα σκέδασης σε πραγματικούς ιστούς. Η σημασία της γίνεται φανερή στις περιπτώσεις που υπάρχει ανάγκη να απεικονισθούν περιοχές που βρίσκονται σε μεγάλο βάθος από τη επιφάνεια του δέρματος. Ένας τρόπος ελέγχου της ευαισθησίας είναι η μέτρηση του μέγιστου βάθους από το οποίο ανιχνεύονται σκεδαζόμενα ηχητικά σήματα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

ΙΣΧΥΟΝ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΤΗΜΑΤΑ

Το ισχύον καθεστώς προσδιορίζεται από τα παρακάτω νομοθετήματα :

α) Νόμος πλαίσιο 2286/95(ΦΕΚ19/Α/95) « Προμήθειες του Δημόσιου Τομέα και ρυθμίσεις συναφών θεμάτων » , σε συνέχεια των 3095/54 , 1797/88 και 2000/91 ομοίων που εναρμονίζει τις διαδικασίες προμηθειών με τις αντίστοιχες της Ε.Ε. και επαναφέρει το σύστημα της Κεντρικής Εκτέλεσης των προμηθειών Δημοσίου που είχε καταργηθεί με τον Ν. 2000/91 .

β) Το Π.Δ. 370/95 (ΦΕΚ 199/Α/95) , με το οποίο προσαρμόζεται η Ελληνική Νομοθεσία στο Κοινοτικό Δίκαιο και ειδικότερα προς τις διατάξεις της οδηγίας 93/36/ΕΟΚ , περί συντονισμού των διαδικασιών για την σύναψη Δημοσίων συμβάσεων προμηθειών, όπως τροποποιήθηκε και ισχύει με το Π.Δ.105/2000 (ΦΕΚ 100/Α/17-3-2000), που αποτελεί προσαρμογή της ελληνικής νομοθεσίας περί προμηθειών του δημόσιου τομέα προς το κοινοτικό δίκαιο και ειδικότερα προς τις διατάξεις του άρθρου 2 της Οδηγίας 97/52/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου.

Σημείωση:

(Στόχος της οδηγίας ,93/36/ΕΟΚ, είναι η εξασφάλιση του πραγματικού ανταγωνισμού μεταξύ των οικονομικών φορέων σε κοινοτικό επίπεδο, μέσω του συντονισμού των εθνικών διαδικασιών σύναψης δημοσίων συμβάσεων προμηθειών.

Η οδηγία εφαρμόζεται στις συμβάσεις οι οποίες συνάπτονται μεταξύ ενός προμηθευτή, αφενός μίας αναθέτουσας αρχής, αφετέρου και έχουν ως αντικείμενο την αγορά, την χρηματοδοτική μίσθωση, τη μίσθωση-πώληση με ή χωρίς δικαίωμα αγοράς προϊόντων.

Στη συγκεκριμένη οδηγία περιλαμβάνονται:

- Τα κατώτατα όρια εκτίμησης της αξίας των συμβάσεων που υπάγονται στις διατάξεις της οδηγίας ,
- Η περιγραφή και οι προϋποθέσεις εφαρμογής των διαδικασιών ανάθεσης των συμβάσεων προμηθειών (ανοικτός ή κλειστός, διαδικασία με διαπραγμάτευση)
- Οι κανόνες δημοσιότητας που πρέπει να εφαρμόζονται κατά περίπτωση (τίτλος III, άρθρα 9-14)
- Οι κανόνες και τα κριτήρια αξιολόγησης που χρησιμοποιούνται για την επιλογή των προμηθευτών και την ανάθεση των συμβάσεων προμηθειών .

Η ως άνω οδηγία αποτελεί τη βασική κοινοτική οδηγία που εφαρμόζεται στις δημόσιες συμβάσεις προμηθειών και τροποποιήθηκε με την οδηγία 97/52/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου.Η εφαρμογή της παρούσας οδηγίας, διασφαλίζει την τήρηση των αρχών της ίσης μεταχείρισης και της διαφάνειας στις δημόσιες προμήθειες σε κοινοτικό επίπεδο).

γ) Οδηγία 2004/18/Ε.Κ. « Περί συντονισμού των διαδικασιών συμβάσεων έργων, προμηθειών και υπηρεσιών » με υποχρέωση ενσωμάτωσης στο εσωτερικό δίκαιο έως την 31-01-2006.(Ιστοσελίδα της Γενικής Γραμματείας Εμπορίου WWW.gge.gr.)

Δ. 394/96 (ΦΕΚ 266/Α/96) « Κανονισμός Προμηθειών Δημοσίου », που εκδόθηκε κατ' έγκριση του άρθρου 5 του Ν. 2286/95 και αφορά διαδικασίες σύναψης Δημοσίων συμβάσεων των Κράτους και των Ν.Π.Δ.Δ. (στενός δημόσιος τομέας).

Ο Κανονισμός Προμηθειών, ορίζει με ιδιαίτερη λεπτομέρεια τα περισσότερα θέματα που αφορούν τις διαδικασίες προμήθειας, από την προετοιμασία των διακηρύξεων των διαγωνισμών μέχρι τον έλεγχο και την εκτέλεση των προς προμήθεια ειδών. Συγκεκριμένα αναφέρεται :

Στις προκηρύξεις των διαγωνισμών, τους όρους που πρέπει να πληρούν και τα στοιχεία που οφείλουν να περιλαμβάνουν κατά περίπτωση (ανοικτός, κλειστός ή πρόχειρος διαγωνισμός) « άρθρο 2 ».

Στις τεχνικές προδιαγραφές των προμηθειών που εξαγγέλλονται « άρθρο 3 ».

Στους κανόνες δημοσιότητας που διέπουν τις δημόσιες προμήθειες « άρθρο 4 ».

Στα δικαιολογητικά συμμετοχής που πρέπει να υποβάλλουν οι υποψήφιοι προμηθευτές ή ενώσεις προμηθευτών « άρθρα 6 και 7 ».

Στις προθεσμίες των διαγωνισμών για κλειστούς και ανοικτούς διαγωνισμούς « άρθρο 10 ».

στον τρόπο και τα κριτήρια αξιολόγησης των προσφορών « άρθρο 20 ».

στην εκτέλεση των προμηθειών (κεφάλαιο Γ, άρθρα 26-37).

Π.Δ. 57/2000 (ΦΕΚ 45/Α/2000) , με το οποίο προσαρμόστηκε το ελληνικό δίκαιο προς τις διατάξεις της Οδηγίας 93/38, περί συντονισμού των διαδικασιών για την σύναψη Δημοσίων συμβάσεων προμηθειών και υπηρεσιών οι οποίοι λειτουργούν στους τομείς ύδατος , ενέργειας των μεταφορών και των τηλεπικοινωνιών, και τροποποιήθηκε και ισχύει:

ο Π.Δ.22/2002(ΦΕΚ17/Α/4-2-2002),Προσαρμογή της ελληνικής νομοθεσίας περί συνάψεως δημοσίων συμβάσεων στους τομείς του ύδατος της ενέργειας των μεταφορών και των τηλεπικοινωνιών ; διατάξεις της οδηγίας 98/4 του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου της 16^{ης} Φεβρουαρίου 1998 και ο Π.Δ.104//2004 (ΦΕΚ71/Α/4-3-2004),Προσαρμογή της ελληνικής νομοθεσίας περί Δημοσίων συμβάσεων προς τις διατάξεις της οδηγίας 2001/78/ΕΚΚ της 13^{ης} Σεπτεμβρίου 2001 και τροποποίηση του Ν.370/955 και Π.Δ.57/2000.

Τα παραπάνω βασικά νομοθετήματα , συμπληρώνονται από μία σειρά άλλων νομοθετημάτων σε επί μέρους θέματα όπως .

ο Ν. 2522/97 (ΦΕΚ 178/Α/97) , σχετικά με την δικαστική προστασία , κατά την διαδικασία σύναψης Δημοσίων συμβάσεων προμηθειών, Έργων και Υπηρεσιών με το οποίο έγινε προσαρμογή της ελληνικής Οδηγίας 89/665/ΕΟΚ .

Η ως άνω οδηγία είναι η διασφάλιση τήρησης των αρχών της διαφάνειας και ίσης μεταχείρισης στις διαδικασίες δημοσίων προμηθειών. Στο πλαίσιο αυτό, η οδηγία προβλέπει:

τη δυνατότητα πρόσβασης στις διαδικασίες προσφυγής κάθε προσώπου το οποίο έχει ή είχε συμφέρον να του ανατεθεί μια συγκεκριμένη δημόσια σύμβαση και το οποίο υπέστη ή πιθανολογείται να υποστεί ζημία λόγω μιας εικαζόμενης παράβασης,

τη θέσπιση ειδικών μέτρων όπως η αναστολή της διαδικασίας σύναψης της σύμβασης, η ακύρωση των παράνομων αποφάσεων κ.λ.π..

ο Ν. 2522/97, με τον οποίο ο νομοθέτης συμμορφώθηκε προς τις υποχρεώσεις που απέρρεαν από την ως άνω οδηγία, αποβλέπει στην άσκηση αποτελεσματικών και ιδίως όσο το δυνατόν ταχύτερων

προσφυγών, κατά το στάδιο που προηγείται της σύναψης συμβάσεων κρατικών προμηθειών και έχει ως σκοπό την παροχή προσωρινής δικαστικής προστασίας στο κατάλληλο εκάστοτε χρονικό σημείο, έτσι ώστε αφ' ενός μεν να διατάσσονται επικαίρως τα κατάλληλα ασφαλιστικά μέτρα σε συγκεκριμένη περίπτωση, για την αποτροπή δημιουργίας πραγματικών καταστάσεων ικανών να βλάψουν τα έννομα συμφέροντα των διαγωνιζομένων, αφ' ετέρου δε να μη παρακωλύεται κατά τρόπο υπερβαίνοντα το αναγκαίο μέτρο, η εξέλιξη και η ολοκλήρωση της διαδικασίας του δημόσιου διαγωνισμού.

β) Νόμος 2854/2000 (ΦΕΚ 243/Α/2000) σχετικά με την δικαστική προστασία , κατά την διαδικασία σύναψης Δημοσίων συμβάσεων προμηθειών , φορέων οι οποίοι λειτουργούν στους τομείς ύδατος , ενέργειας των μεταφορών και των τηλεπικοινωνιών .

γ) Νόμος 2741/99 (ΦΕΚ 199/Α/28-9-99) , άρθρο 8 αυτού , “ Ενιαίος φορέας Ελέγχου Τροφίμων και άλλες ρυθμίσεις θεμάτων αρμοδιότητας του Υπουργείου Ανάπτυξης ” με το οποίο ασκείται προληπτικός έλεγχος νομιμότητας από το Ελεγκτικό Συνέδριο, όλων των προμηθειών των οποίων η προϋπολογισθείσα δαπάνη υπερβαίνει το ποσόν των ΕΥΡΩ 1.000.000,00, όπως τροποποιήθηκε και ισχύει με τον Ν.3060/2002 (ΦΕΚ 242/Α/11-10-2002), άρθρο 2 αυτού και τον Ν. 3090/2002 (ΦΕΚ329/24-12-2002) , άρθρο 9 αυτού και την παρ.27 του Ν.3310/2005(ΦΕΚ30/Α/14-02-2005)

Στο άρθρο 8 του , Ν. 2741/99 ,αναφέρονται ορισμένες τροποποιήσεις στις διατάξεις του Ν.2286/95, καθώς και λοιπά στοιχεία που αφορούν τις δημόσιες προμήθειες, όπως :

- Εισάγεται η έννοια του πειθαρχικού αδικήματος των αρμόδιων υπαλλήλων για την συλλογή και υποβολή στοιχείων που αφορούν την ένταξη προμήθειας στο ενιαίο πρόγραμμα Προμηθειών, σε περίπτωση που τα στοιχεία υποβληθούν εκπρόθεσμα ή είναι ανακριβή
- Περιγράφεται η σύσταση , οργάνωση και αρμοδιότητες της Επιτροπής Πολιτικής Προμηθειών και Προγραμματισμού Προμηθειών, καταργώντας τα όσα αναφέρονται στο Ν.2286/95.
- Προστίθεται στο άρθρο 4 του Ν.2286/97 παράγραφος σχετικά με την υποβολή στην Γενική Δ/ση Κρατικών Προμηθειών από οιοδήποτε φορέα του ευρύτερου δημόσιου τομέα (ανεξάρτητα από την υπαγωγή στις διατάξεις του Ν.2286/95), πριν από την έκδοση διακήρυξης προμήθειας, στοιχείων και βεβαιώσεων από τις οποίες να προκύπτει ότι οι προδιαγραφές που τίθενται διασφαλίζουν τη λειτουργία του υγιούς ανταγωνισμού.
- Αντικαθίσταται το άρθρο 3 του Ν. 2286/95, σχετικό με τις προμήθειες αγαθών σημαντικής οικονομικής ή τεχνολογικής αξίας των φορέων του Δημοσίου
- Εισάγεται η υποχρέωση της δημοσίευσης της περίληψης των ουσιαστών στοιχείων της προκήρυξης του διαγωνισμού των προμηθειών του δημόσιου τομέα στο Τεύχος Διακηρύξεων των Δημοσίων Συμβάσεων.
- Τροποποιείται το εδάφιο α' της παραγράφου 1 στο εδάφιο α' της παραγράφου 2 του άρθρου 10 του Π.Δ.394/96,Κ.Π.Δ, αναφορικά με τις προθεσμίες των διαγωνισμών.

δ) Νόμος 2328/95 (ΦΕΚ 159/Α/95 , όπως τροποποιήθηκε και ισχύει με τους Ν. 2372/96 (ΦΕΚ 29/Α/96) άρθρο 11 και το Ν. Ν.2414/96(ΦΕΚ135/Α/96) άρθρο 14 σε συνδυασμό με τις διατάξεις του Π.Δ. 82/96 (ΦΕΚ.66/Α/96),σχετικά με την ονομα-στικοποίηση των μετοχών των ανωνύμων

ηνικών εταιρειών, όπως αυτές τροποποιήθηκαν και ισχύουν με τις διατάξεις του άρθρου 8 του Ν. 3310/2005 και του άρθρου 8 του Ν. 3414/2005, όταν πρόκειται για διαδικασία διαγωνισμού, συνολικής ύπο-λογισθείσας δαπάνης, άνω των ΕΥΡΩ 1.000.000,00

Νόμος 3414/2005 (ΦΕΚ 279/Α/10-11-2005, τροποποίηση του Ν.3310/2005 (ΦΕΚ 30/Α/2005), «έτρα για την διασφάλιση της διαφάνειας και την αποτροπή κατά-στρατηγήσεων κατά την διαδικασία ναυσης δημοσίων συμβάσεων».

γ) **Νόμος 2690 /99 (ΦΕΚ 45/Α/9-3-99),“Κύρωση Κώδικα Διοικητικής Διαδικασίας και άλλες ατάξεις ”.**

είσης συμπληρωματικά προς ενημέρωσή σας , παραθέτουμε τα παρακάτω νομοθετήματα :

δ) **Νόμος 2623/95 (ΦΕΚ 247/Α/950) κεφάλαιο 13 , σχετικά με τις διαδικασίες σύναψης συμβάσεων υπηρεσιών Έργων και Προμηθειών , που δεν εντάσσονται στο ΕΠΠ που καταρτίζεται στο Υπουργείο νάπτυξης ή σε άλλες διατάξεις (Π.Δ. Νομοθεσία Δημοσίων Συμβάσεων Έργων).**

ως άνω νόμος αναφέρεται σε μία πλειάδα θεμάτων σχετικά με τον λογιστικό έλεγχο των δαπανών του ράτους , περιλαμβάνει στο κεφάλαιο 13 και ειδικότερα στα άρθρα 79-85, ορισμένες πτυχές των ατικών συμβάσεων. Συγκεκριμένα, ενώ αναφέρει εκ νέου τις διαδικασίες διενέργειας των διαγωνισμών (άρθρο 82), κάνει ειδική μνεία στις περιπτώσεις σύναψης δημόσιας σύμβασης προμήθειας με απευθείας νάθεση καθώς και με τη διαδικασία της διαπραγμάτευσης (άρθρο 83). Πρόκειται για νόμο, ο οποίος αρμόζεται εξίσου στις περιπτώσεις συμβάσεων προμηθειών , υπηρεσιών ή δημοσίων έργων. Στο νόμο 362/95 άρθρα 79-85, υπάγονται οι προμήθειες αγαθών που δεν εντάσσονται στο Ενιαίο Πρόγραμμα Προμηθειών.

ε) **Επισημαίνουμε, ότι οι συμβάσεις Υπηρεσιών, οι οποίες διέπονται από τις κοινοτικές διατάξεις, ενεργούνται σύμφωνα με το Π.Δ. 346/98 (ΦΕΚ 230/Α/98), περί διαδικασιών σύναψης Δημοσίων συμβάσεων Υπηρεσιών, με το οποίο έγινε αναπροσαρμογή της αντίστοιχης Κοινοτικής Οδηγίας 92/50/ΕΟΚ, όπως τροποποιήθηκε με το Π.Δ. 18/3-2-2000, με το οποίο έγινε αναπροσαρμογή της αντίστοιχης Κοινοτικής Οδηγίας 97/52/ΕΚ.**

αμβάνοντας υπόψη και τις διατάξεις της οδηγίας 2004/17/ΕΚ.

ς) **Νόμος 2563/97 (ΦΕΚ 107/Α/97) άρθρο 13 , σχετικά με τις προμήθειες που εκτελούνται από τις Νομαρχιακές Αυτοδιοικήσεις .**

ζ) **Το Π.Δ. 166/2003 (ΦΕΚ 138/Α/2003) «Προσαρμογή της Ελληνικής Νομοθεσίας στην Οδηγία 2000/35/29-6-2000 για την καταπολέμηση των καθυστερήσεων πληρωμών στις Εμπορικές Έναλλαγές».**

Εύμφωνα με το ως άνω Π.Δ. η αναθέτουσα αρχή, εάν δεν συμφωνήθηκε ορισμένη ημέρα η προθεσμία πληρωμής της αμοιβής, γίνεται υπερήμερος, χωρίς να απαιτείται όχληση και οφείλει τόκους,

α) εάν παρέλαβε το τιμολόγιο πριν την έκδοση του οριστικού πρωτοκόλλου ποιοτικής και ποσοτικής παραλαβής, μόλις περάσουν εξήντα (60) μέρες από την ημερομηνία έκδοσης του παραπάνω πρωτοκόλλου, ή

β) εάν παρέλαβε το τιμολόγιο μετά την έκδοση του οριστικού πρωτοκόλλου ποιοτικής και ποσοτικής παραλαβής, μόλις περάσουν εξήντα(60) μέρες από την παραλαβή του τιμολογίου.

Το ύψος των τόκων υπερημερίας που είναι υποχρεωμένη να καταβάλει η αναθέτουσα αρχή υπολογίζεται με βάση το επιτόκιο που εφαρμόζει η Ευρωπαϊκή Κεντρική Τράπεζα («Επιτόκιο αναφοράς») προσαυξημένο κατά 0,30 ποσοστιαίες μονάδες («περιθώριο»).

θ') Τέλος, μία σειρά από νόμους, Π.Δ., και κανονιστικές αποφάσεις, σε εφαρμογή του Ν.2286/95, που αφορούν ειδικότερα θέματα, όπως κανονισμοί προμηθειών διαφόρων φορέων και του ευρύτερου Δημόσιου τομέα, για τις προμήθειες πολεμικού υλικού και τις προμήθειες των Ο.Τ.Α, που εξαιρούνται του πεδίου εφαρμογής του Π.Δ. 394/96, των διατάξεων που αφορούν την διαφάνεια και την συγκρότηση και λειτουργία των συλλογικών οργάνων, του Ν.1599/86 (ΦΕΚ 75/Α/86) «Σχέσεις Κράτους Πολίτη», την κατάρτιση Μητρώου Προμηθευτών, τον χειρισμό προμηθειών σημαντικής οικονομικής και τεχνολογικής αξίας, διατάξεις που αφορούν προδιαγραφές και πρότυπα, συμπληρώνουν τα ως άνω νομοθετήματα.

Σημειούται ότι: Η Κοινότητα νομοθετεί μέσω των οδηγιών ενώ επίσης εκδίδει συστάσεις και κανονισμούς. Η προσαρμογή των οδηγιών είναι υποχρεωτική για τα κράτη μέλη, η δε παράλειψη προσαρμογής τους συνεπάγεται κυρώσεις. Η προσαρμογή γίνεται κυρίως με Π.Δ. και σπανίως με Νόμο. Η Κοινότητα προσπαθεί για την ενοποίηση των νομοθεσιών που αφορούν Προμήθειες, Έργα και Υπηρεσίες ενώ βρίσκεται σε εξέλιξη το πρόγραμμα SLM για απλούστευση και φιλελευθεροποίηση των διαδικασιών. Ταυτόχρονα προετοιμάζει ρυθμίσεις για την εφαρμογή του ηλεκτρονικού εμπορίου στις Δημόσιες Συμβάσεις, καθώς και ρυθμίσεις για τον κοινωνικό χαρακτήρα των Δημόσιων συμβάσεων (πρόσληψη ανέργων) και οικολογικής διάστασής τους (προδιαγραφές για οικολογικά προϊόντα).

Ειδικότερα:

-Με το προεδρικό διάταγμα 150/25-6-2001, έγινε η προσαρμογή της ελληνικής νομοθεσίας στην οδηγία 99/93/ΕΚ, του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με το κοινοτικό πλαίσιο για ηλεκτρονικές υπογραφές.

Στόχος της ως άνω οδηγίας είναι ο ορισμός των βασικών εννοιών σχετικά με τις ηλεκτρονικές υπογραφές και η περιγραφή των απαραίτητων προϋποθέσεων για την αποδοχή τους ως στοιχεία γνησιότητας του χρήστη τους. Με την οδηγία αυτή θεσπίζεται το νομικό πλαίσιο για τις ηλεκτρονικές υπογραφές, ώστε να διασφαλιστεί η ομαλή λειτουργία της εσωτερικής αγοράς της Κοινότητας.

Τα σημεία του προεδρικού διατάγματος που πρέπει να σημειωθούν είναι:

- Ορίζεται η Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (Ε.Ε.Τ.Τ.), ως αρμόδιος φορέας για τη διαπίστωση της συμμόρφωσης προς το παράρτημα ΙΙΙ του διατάγματος των ασφαλών διατάξεων δημιουργίας υπογραφής εκτός της περίπτωσης που αυτή ορίσει άλλους δημόσιους φορείς (άρθρο 4 παρ.2)
- Ορίζεται η Γενική Γραμματεία Επικοινωνιών του Υπουργείου Μεταφορών ως αρμόδιος φορέας για την ενημέρωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής αναφορικά με την εφαρμογή των διατάξεων του άρθρου 4(πρόσβαση στην Αγορά-Αρχές της Εσωτερικής Αγοράς) του διατάγματος (άρθρο 8 παρ.1)

-Με το Π.Δ.131/16-5-2003 (ΦΕΚ 116/Α/16-5-2003), έγινε η προσαρμογή της ελληνικής νομοθεσίας στην οδηγία 2000/31/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 8^{ης} Ιουνίου 2000 για

σμένες πτυχές των Υπηρεσιών της κοινωνίας της πληροφορίας, ιδίως του ηλεκτρονικού εμπορίου, την εσωτερική αγορά (οδηγία για ηλεκτρονικό εμπόριο).

Ο ρόλος της παρούσας οδηγίας είναι η δημιουργία του νομικού πλαισίου που θα εξασφαλίζει την ελεύθερη εμπορία των υπηρεσιών της κοινωνίας της πληροφορίας μεταξύ των κρατών μελών της Κοινότητας, καθώς και η εναρμόνιση του ποινικού δικαίου.

Μετέπειτα αναφοράς χρήζουν τα άρθρα 9-11 της οδηγίας που αφορούν στις συμβάσεις που συνάπτονται ηλεκτρονικά μέσα:

- Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε το νομικό τους σύστημα να επιτρέπει τη σύναψη συμβάσεων με ηλεκτρονικά μέσα. Τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν, ιδίως ότι οι νομικές προϋποθέσεις που ισχύουν για την διαδικασία σύναψης των συμβάσεων δεν παρακωλύουν τη χρήση των συμβάσεων που συνάπτονται με ηλεκτρονικά μέσα, ούτε αποστερούν τις συμβάσεις αυτές εννόμου αποτελέσματος ή ισχύος λόγω του έχουν συναφθεί με ηλεκτρονικά μέσα(άρθρα 9 παρ.1)
- Προσδιορίζονται επακριβώς οι πληροφορίες που οφείλουν να παρέχουν οι φορείς παροχής υπηρεσιών κοινωνίας της πληροφορίας προς τους αποδέκτες τους (που δεν είναι καταναλωτές (άρθρο 10).
- Καθορίζονται οι αρχές που ακολουθούνται κατά την ανάθεση μιας παραγγελίας μέσω ηλεκτρονικών μέσων(άρθρο 11).

Βασικοί στόχοι του Προεδρικού διατάγματος είναι :

- Η εμπέδωση κλίματος ασφάλειας και διαφάνειας στις ηλεκτρονικές συναλλαγές,
- Η διαμόρφωση των αναγκαίων συνθηκών που να επιτρέπουν τη διεύθυνση του ηλεκτρονικού επιχειρείν στην εσωτερική αγορά,
- Η ενθάρρυνση των ηλεκτρονικών συναλλαγών και η εξοικείωση των καταναλωτών στις νέες συναλλακτικές πρακτικές.

Στις βασικές ρυθμίσεις του Προεδρικού Διατάγματος συμπεριλαμβάνονται μεταξύ άλλων:

- Η ρητή καθιέρωση, σε συνδυασμό και προς το Προεδρικό Διάταγμα για τις ηλεκτρονικές υπογραφές της δυνατότητας να καταρτίζονται συμβάσεις με ηλεκτρονικό τρόπο. Προβλέπονται εξάλλου εξαιρέσεις που οριοθετούν με σαφήνεια τον χώρο, ο οποίος προς το παρόν, μένει εκτός πεδίου εφαρμογής της ηλεκτρονικής συναλλαγής.
- Ο ακριβής προσδιορισμός των βημάτων που πρέπει να ακολουθούνται όταν προβαίνει κανείς σε παραγγελίες με ηλεκτρονικό τρόπο.
- Τα μέτρα προστασίας των καταναλωτών και οι υποχρεώσεις των παρόχων υπηρεσιών της κοινωνίας της πληροφορίας.
- Οι τρόποι επίλυσης των διαφορών που τυχόν θα προκύψουν μεταξύ των συναλλασσομένων με ηλεκτρονικό τρόπο.
 - παράβασης,
 - τη θέσπιση ειδικών μέτρων όπως η αναστολή της διαδικασίας σύναψης της σύμβασης, η ακύρωση των παράνομων αποφάσεων κ.λ.π..



1925

ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ

ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟ

Αρ. Φύλλου 19

1 Φεβρουαρίου 1995

ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘ. 2286

Προμήθειες του δημόσιου τομέα και ρυθμίσεις συναφών θεμάτων.

Ο ΠΡΟΕΔΡΟΣ
ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

Εκδίδωμε τον ακόλουθο νόμο που ψήφισε η Βουλή:

Άρθρο 1

Ορισμός - Πεδίο εφαρμογής - Εξαιρέσεις

1. Στις διατάξεις του νόμου αυτού υπάγονται οι κάθε είδους προμήθειες αγαθών που ενεργούνται από: α) τα δημόσια, β) τους οργανισμούς τοπικής αυτοδιοίκησης, γ) τα Ν.Π.Δ.Δ. που αποτελούν οργανισμούς της καθ' ύλην αυτοδιοίκησης, δ) τις δημόσιες και παραχωρηθείσες επιχειρήσεις και οργανισμούς, ε) τις τράπεζες που ανήκουν στο νομικό πρόσωπο του Δημοσίου, είτε στο σύνολό τους, είτε κατά πλειοψηφία, στ) τα κρατικά νομικά πρόσωπα ιδιωτικού δικαίου, ζ) τις συνδεδεμένες επιχειρήσεις αυτών και η) τις ενώσεις που συγκροτούνται από έναν ή περισσότερους από τους παραπάνω φορείς.

2. Προμήθειες του δημόσιου τομέα είναι συμβάσεις από εποχή αιτία, που συνάπτονται εγγράφως μεταξύ ενός προμηθευτή αφ' ενός και των φορέων που ορίζονται στην παρ. 1 αφ' ετέρου και έχουν ως αντικείμενο την αγορά, τη χρηματοδοτική μέριμνα και τη μέριμνα αγαθών. Επίσης, θεωρούνται προμήθειες του δημόσιου τομέα και οι συμβάσεις ανάθεσης εκτέλεσης εργασιών, εγκατάστασης, συντήρησης, μεταφοράς ή και άλλων εργασιών που σχετίζονται με την προμήθεια των ανωτέρω αγαθών, εφόσον όμως η αξία αυτών υπερβούν την αντίστοιχη των εργασιών.

3. Με προεδρικό διάταγμα των Υπουργών Εθνικής Οικονομίας, Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας και Εμπορίου και του κατά περίπτωση αρμόδιου υπουργού μπορεί να:

α) επεκτείνεται ολικά ή μερικώς η εφαρμογή του νόμου αυτού για τις συμβάσεις προμηθειών:

αα) άλλων φορέων, πέραν εκείνων της παρ. 1.

ββ) μηχανολογικού, ηλεκτρολογικού, ηλεκτρονικού ή άλλης μορφής εξοπλισμού και αγαθών που ενσωματώ-

νται σε δημόσια έργα, όπως αυτά προορίζονται από τις κείμενες διατάξεις.

β) εξαιρούνται από τις διατάξεις του νόμου αυτού ολικά ή μερικώς φορείς της παρ. 1.

γ) να ρυθμίζεται ο τρόπος και οι προϋποθέσεις σύνοψης και εκτέλεσης συμβάσεων προμηθειών στους τομείς του ύδατος, της ενέργειας, των μεταφορών και των τηλεπικοινωνιών.

4. Με κοινές αποφάσεις των Υπουργών Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας και Εμπορίου και μετά από γνώμη της Επιτροπής Πολιτικής και Προγραμματισμού Προμηθειών (Ε.Π.Π.Π.) μπορεί να εξαιρούνται συγκεκριμένες προμήθειες των φορέων της παρ. 1.

5. Εξαιρούνται από τις διατάξεις του νόμου αυτού:

1. Φορείς:

α) Η Προεδρία της Δημοκρατίας.

β) Η Υπηρεσία Αποκαταστάσεως Εκτομολήκτων του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων και κάθε άλλη δημόσια υπηρεσία ή νομικό πρόσωπο δημοσίου δικαίου που πραγματοποιεί προμήθειες αγαθών για την αποκατάσταση ατομικολήκτων ή πληγνύμενων από άλλες καταστάσεις.

γ) Οι ενοριακοί νομοί, οι εκκλησιαστικές σχολές, τα εκκλησιαστικά ιδρύματα, η Αποστολική Διακονία της Εκκλησίας της Ελλάδος και λοιποί εκκλησιαστικοί φορείς.

δ) Τα θέατρα, τα μουσεία και οι πανορθόδοξοι, τα ωδεία και οι ορχήστρες, η Εθνική Λυρική Σχολή, η Σχολή Καλών Τεχνών και Γραμμάτων, η Κρατική Σχολή Ορχηστρικής Τέχνης και λοιποί συναφείς φορείς.

ε) Οι εν γένει παιδικοί και βρεφονηπιακοί σταθμοί και τα κέντρα παιδικής μέριμνας.

στ) Τα γραμμοκεία και γενικά τα ιδρύματα κοινωνικής προστασίας και πρόνοιας, εκτός του Πατριστικού Ιδρύματος Κοινωνικής Πρόνοιας και Αντίληψης.

ζ) Οι φοιτητικές λέσχες, οι σχολικές επιτροπές και οι βιβλιοθήκες.

η) Οι εταιρείες προστασίας ανηλίκων και προστασίας αποφυλακισμένων.

θ) Οι επαγγελματικοί σύλλογοι (βιομηχανικοί, συμβολαιογραφικοί κ.λπ.).

ι) Οι οργανισμοί κοινωνικής ασφάλισης, εκτός του Ιδρύματος Κοινωνικών Ασφαλίσεων και του Οργανισμού Γεωργικών Ασφαλίσεων.

- α) Η Αρχαιολογική Εταιρεία.
 β) Το Κέντρο Ψυχικής Υγιεινής.
 γ) Το Ευρωπαϊκό Πολιτιστικό Κέντρο Δελφών.
 δ) Το Κέντρο Διεθνούς Ευρωπαϊκού Δικονομικού Δικαίου.
 ε) Το κέντρο βρεφών 'Η Μητέρα'.
 στ) Οι τραπεζικές, οι ασφαλιστικές και οι χρηματοπιστωτικές επιχειρήσεις του δημόσιου τομέα, εκτός των προμηθειών τους σε μηχανογραφικά, τηλεπικοινωνιακά εξοπλισμό, καθώς και σε μηχανήματα κλιματισμού και αναπαραγωγής εγγράφων.
 ζ) Τα Καταστήματα Απορρόλητων Ειδών.
 η) Που λειτουργούν με τη μορφή ανώνυμης εταιρίας και οι μετοχές τους έχουν εισαχθεί στο Χρηματιστήριο.
 θ) Τα Επιμελητήρια.
 ι) Ο όμιλος της Δ.Ε.Π.

3. Προμήθειες:

- α) που προβλέπονται από διεθνείς συμφωνίες ή από ειδική διαδικασία διεθνούς οργανισμού.
 β) πολεμικών ειδών που εκτελούνται από τους δευτερεύοντες διατάκτες του Υπουργείου Εθνικής Άμυνας, από μεταβιβαζόμενες σε αυτούς πιστώσεις ή από τις υπηρεσίες και τα πλοία του πολεμικού ναυτικού.
 γ) που έχουν προηγουμένως με σχετική πράξη χαρακτηριστεί απόρρητες.
 δ) που επιβάλλονται για την προστασία ουσιωδών συμφερόντων της ασφάλειας της χώρας.
 ε) που η σύναψη και εκτέλεσή τους πρέπει να συνδυάζεται από ιδιαίτερα μέτρα ασφάλειας.
 στ) εργαστηριακού εξοπλισμού, επιστημονικών ειδών, υλικών και συγγραμμάτων, που προορίζονται για εκπαιδευτικούς σκοπούς ή για επιστημονικά περάσματα και έρευνες των ανώτατων εκπαιδευτικών ιδρυμάτων της χώρας, των τεχνολογικών εκπαιδευτικών ιδρυμάτων της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, των ερευνητικών κέντρων, των νοσηρίων και λοιπών ερευνητικών φορέων.
 ζ) που προορίζονται μόνο για την τουριστική προβολή της χώρας στο εξωτερικό ή για εξοπλισμό των υπηρεσιών του εξωτερικού του Υπουργείου Τουρισμού.
 η) προμήθειες και επισκευές, που προορίζονται για τις ανάγκες του Υπουργείου Εθνικής Άμυνας και οφισίων πολεμικά είδη, όπως όπλα, τυποποιημένο οπλισμό, πλοία, λέμβους και γενικά ναυπηγήματα, αεροπλάνα, ελικόπτερα, όρματα μάχης, ειδικά οχήματα και τυποποιημένα τροχοφόρα, πυρομαχικά, εκρηκτικά, υλικά οχύρωσης, διαβιβαστές, ναυαλισμός, κατασκευές μέσων άμυνας, λιμνοπύργων, οικοδομήματα ή κινούμενα υλικά μηχανικά, εξαρτήματα και ανταλλακτικά τούτων, ως και εργαλεία συντήρησης, επισκευής και λειτουργίας.

Ειδικότερες προμήθειες και επισκευές, καθώς και οι προμήθειες των εξαγοράζων από τον παρόντα νόμο φορέων εκτελούνται από τους αρμόδιους κατά περίπτωση φορείς, επιφυλασσόμενων των κοινοτικών διατάξεων, σύμφωνα με τις ισχύουσες ή τις ενοπιζόμενες προς τούτο ειδικές διατάξεις.

Άρθρο 3

Προγραμματισμός προμηθειών - Σύναψη και εκτέλεση συμβάσεων προμηθειών
 Διαδικασίες σύναψης συμβάσεων προμηθειών

1. Οι προμήθειες των φορέων που υπάγονται στις

διατάξεις του νόμου αυτού, εγκρίνονται με την ένταξη τους στο ενοίο πρόγραμμα προμηθειών (Ε.Π.Π.).

Η ένταξη πραγματοποιείται μετά εξέταση και αξιολόγηση της πρότασης του φορέα και διαμόρφωσή της σε συνάρτηση με τις υπόλοιπες προτάσεις, ώστε να επιτυγχάνεται το καλύτερο αποτέλεσμα για το δημόσιο.

Το Ε.Π.Π. εγκρίνεται με κοινή απόφαση των Υπουργών Εθνικής Οικονομίας, Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας και Εμπορίου, μετά από γνώμη της Επιτροπής Πολιτικής και Προγραμματισμού Προμηθειών (Ε.Π.Π.Π.) με βάση τα επί μέρους προγράμματα προμηθειών που υποβάλλονται από τους υπόχρεους φορείς.

Τα προγράμματα αυτά περιέχουν τουλάχιστον το είδος, την ποσότητα, την αξία, την τεχνική χρηματοδότηση, τα αποθέματα των εντασσόμενων ειδών, το χρόνο απορρόφησης της χρηματοδότησης, τον τρόπο πληρωμής και διενέργειας της προμήθειας, το κριτήριο αξιολόγησης και κάθε άλλο στοιχείο απαραίτητο για την απολόγηση της ένταξης του συγκεκριμένου είδους. Η Επιτροπή Πολιτικής και Προγραμματισμού Προμηθειών, για να διατυπώσει τη γνώμη της, μπορεί να αναθέτει σε τεχνικούς κυρίως υπαλλήλους των Υπουργείων Εμπορίου και Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας να προβαίνουν στις απαραίτητες ενέργειες (αυτοψία, παροχή στοιχείων κ.λπ.) για την αποτελεσματική υλοποίηση των επί μέρους προγραμμάτων.

2. Με κοινές αποφάσεις, των Υπουργών Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας και Εμπορίου τίθεται σε εφαρμογή το Ε.Π.Π. και ρυθμίζονται όλα τα θέματα που ανακύπτουν από αυτό.

3. Με όμοιες αποφάσεις, μετά από γνώμη της Ε.Π.Π.Π., μπορεί να:

- α) τροποποιείται και συμπληρώνεται το Ε.Π.Π.,
 β) παρέχεται η δυνατότητα προέγκρισης προμηθειών που πρόκειται να ενταχθούν το επόμενο έτος σε αυτό και
 γ) εξαιρούνται από την ένταξη στο Ε.Π.Π. φορείς ή προμήθειες και

δ) καθορίζονται οι ειδικότεροι όροι, με τους οποίους πραγματοποιείται η εξόφληση.

4. Μετά την έγκριση του Ε.Π.Π., αρχίζει η διαδικασία σύναψης και εκτέλεσης των συμβάσεων προμηθειών, που ολοκληρώνεται με την παραλαβή του αγαθού και την αποπληρωμή του τιμήματος.

Η σύναψη και η εκτέλεση των συμβάσεων προμηθειών μπορεί να είναι είτε κεντρική, όταν διενεργείται από το Υπουργείο Εμπορίου είτε αποκεντρωμένη, όταν διενεργείται από οποιονδήποτε άλλο φορέα υπαγόμενο στις διατάξεις του νόμου αυτού.

Από το Υπουργείο Εμπορίου αναπτύσσονται και εκτελούνται συμβάσεις προμηθειών, που η δαπάνη τους βαρύνει τον τακτικό προϋπολογισμό, τους προσαρτημένους σε αυτόν ειδικούς προϋπολογισμούς και λογαριασμούς, τον προϋπολογισμό δημοσίων επενδύσεων, καθώς και κάθε αποκεντρωμένη προμήθεια, εφόσον εγκριθεί με κοινή απόφαση των Υπουργών Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας και Εμπορίου και του κατά περίπτωση αρμόδιου υπουργού, μετά από γνώμη της Ε.Π.Π.Π.

5. Από την ανωτέρω αρμοδιότητα του Υπουργείου Εμπορίου εξαιρούνται οι προμήθειες:

- α) Για τις οποίες η κατ' είδος ειδική συνολική δαπάνη

δεν υπερβαίνει το ποσό που καθορίζει με απόφαση του ο Υπουργός Εμπορίου.

β) Που συνοφείονται σε είδη γραφικής ύλης, εξοπλισμό θέρμανσης και φωτισμού, έπιπλα, είδη καθαρότητας, τα οποία βαρύνουν τις πιστώσεις που έχουν εγγραφεί στους νομαρχιακούς και περιφερειακούς προϋπολογισμούς.

6. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας και Εμπορίου, μετά από γνώμη της Ε.Π.Π.Π. σε εξαιρετικές περιπτώσεις και για συγκεκριμένους λόγους που επικαλείται και αποδεικνύει ο ενδιαφερόμενος φορέας, παρέχεται η ευχέρεια κατά την ένταξη στο Ε.Π.Π.Π. να συνάπται και εκτελεί ο ίδιος αποκλειστικά συμβάσεις προμηθειών, τηρώντας τους δεσμευτικούς όρους της απόφασης, που σύμφωνα με τον παρόντα νόμο συνάπται και εκτελεί το Υπουργείο Εμπορίου.

7. Με απόφαση του Υπουργού Εμπορίου, μετά από γνώμη της αρμόδιας επιτροπής προμηθειών, παρέχεται σε κάθε ενδιαφερόμενο φορέα η παραπάνω ευχέρεια με τους προαναφερθέντες όρους και μετά την ένταξη του στο Ε.Π.Π.Π.

8. Με απόφαση του Υπουργού Εμπορίου, μετά από γνώμη της αρμόδιας επιτροπής προμηθειών, παρέχεται η ευχέρεια στους φορείς να εκτελούν συμβάσεις προμηθειών που έχει συνάψει για λογαριασμό τους το Υπουργείο Εμπορίου και υπό τους όρους που έχουν τριβεί από αυτό.

9. Το Υπουργείο Εμπορίου μπορεί να προβαίνει στη σύναψη και εκτέλεση ενοποιημένων συμβάσεων προμηθειών για την κάλυψη αναγκών περισσότερων φορέων.

10. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας και Εμπορίου, μετά από γνώμη της Ε.Π.Π.Π.Π., παρέχεται η ευχέρεια για τη σύναψη και εκτέλεση μεμονωμένων ή ενοποιημένων συμβάσεων προμηθειών σε έναν από τους φορείς της παρ. 1 του άρθρου 1, που ενεργεί σύμφωνα με τους δεσμευτικούς όρους της απόφασης.

11. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Εμπορίου, κατά παρέκκλιση των καμένων διατάξεων, ρυθμίζονται θέματα σχετικά με την έγκριση, διάθεση και μεταφορά πιστώσεων που ανακλύπουν κατά την εκτέλεση ενοποιημένων συμβάσεων προμηθειών.

12. Οι διαδικασίες σύναψης συμβάσεων προμηθειών διακρίνονται σε ανοικτές, ανοικτές, κλειστές και με διαπραγμάτευση:

α) Ανοικτές είναι οι διαδικασίες (ανοικτός διαγωνισμός) που κάθε ενδιαφερόμενος προμηθευτής μπορεί να υποβάλλει προσφορά.

β) Κλειστές είναι εκείνες (κλειστός διαγωνισμός) που μόνο οι προμηθευτές οι οποίοι έχουν προσκληθεί από το φορέα, που διενεργεί το διαγωνισμό, μπορούν να υποβάλλουν προσφορά.

γ) Συνοπτικές (ηρόχειρος διαγωνισμός) είναι οι διαδικασίες που διενεργούνται μόνο για τη σύναψη συμβάσεων προμηθειών αγαθών αξίας κάτω των διακοσίων χιλιάδων (200.000) Ε.Ε.Μ., κτήσης συνολικής διαπάνης, καθοριζόμενης εκάστοτε με απόφαση του Υπουργού Εμπορίου.

Στις διαδικασίες των εδαφίων α' και β' απαιτείται προηγούμενη δημοσίευση προκήρυξης διαγωνισμού.

δ) Με διαπραγμάτευση (εξαιρετική ή απευθείας ανά-

θεση) είναι η διαδικασία που οι επί μέρους φορείς προσφεύγουν στους προμηθευτές της επιλογής τους και διαπραγματεύονται τους όρους των υπό σύναψη συμβάσεων με έναν ή περισσότερους από αυτούς, με ή χωρίς δημοσίευση προκήρυξης διαγωνισμού.

(13) Η διαδικασία του τελευταίου εδαφίου της προηγούμενης παραγράφου μπορεί να τηρηθεί στις ακόλουθες περιπτώσεις:

Ι. Εφόσον κατά τη διενέργεια ανοικτής ή κλειστής διαδικασίας:

α) υποβλήθηκαν προσφορές μη κανονικές και υπό τους όρους ότι: αα) κλήθηκαν για διαπραγμάτευση όροι υπέβαλαν προσφορές και αξιολογήθηκαν κατά την προηγούμενη διαδικασία και ββ) δεν έχουν μεταβληθεί ουσιωδώς οι αρχικοί όροι της διακήρυξης.

β) δεν υποβλήθηκαν προσφορές ή οι υποβληθείσες κρίνονται απορριπτικές και υπό τις προϋποθέσεις ότι: αα) δεν μεταβλήθηκαν ουσιωδώς οι αρχικοί όροι της διακήρυξης και ββ) διαβιβάζεται σχετική έκθεση στην Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

II. Όταν για τεχνικούς ή καλλιτεχνικούς λόγους ή για λόγους που σχετίζονται με την προστασία δικαιωμάτων αποκλειστικότητας, τα προς προμήθεια αγαθά κατασκευάζονται ή παραδίδονται μόνο από ορισμένο προμηθευτή.

III. Όταν τα είδη κατασκευάζονται αποκλειστικά για σκοπούς έρευνας, παραμόρφων, μελετών και πρωτότυπων εφαρμογών.

IV. Όταν στο πλαίσιο ερευνητικών κατασκευών κριθεί σκόπιμο, με απόφαση του αρμόδιου κατά περίπτωση φορέα, ότι αγαθά που παράγονται σε παραμικρό στάδιο, πρέπει να χρησιμοποιηθούν από τις συμμετέχουσες στην παραματική κατασκευή επιχειρήσεις.

V. Όταν για λόγους επείγουσας ανάγκης που οφείλεται σε απειλές απρόβλεπτες καταστάσεις, δεν είναι δυνατόν να τηρηθούν οι διαδικασίες που προβλέπονται από τους κανονισμούς προμηθειών.

VI. Για συμπληρωματικές προμήθειες αγαθών από τον αρχικό προμηθευτή, εφόσον η αλλαγή του θα υποχρέωνε τον ενδιαφερόμενο φορέα να αγοράσει αγαθά με διαφορετικά τεχνικά χαρακτηριστικά, που θα ήταν ασυμβαστά ή θα προκαλούσαν δυσανάλογες τεχνικές δυσχέρειες ή οικονομικές επιβαρύνσεις στη λειτουργία ή συντήρησή τους.

VII. Όταν η προμήθεια αγαθών κρίνεται σκόπιμο από τον αρμόδιο κατά περίπτωση φορέα να ανατεθεί σε σωφρονιστικά ιδρύματα, ιδρύματα νεότητας, εκπαιδευτικά, ερευνητικά ή παρόμοια ιδρύματα για ερευνητικούς, παραματικούς, μελετητικούς ή αναπτυξιακούς σκοπούς και.

VIII. Για την προμήθεια αγαθών, αξίας κάτω των διακοσίων χιλιάδων (200.000) Ε.Ε.Μ., η δαπάνη των οποίων δεν υπερβαίνει κατ' είδος σε ετήσια βάση το ποσό που καθορίζεται εκάστοτε από τον Υπουργό Εμπορίου.

14. Σε περιπτώσεις επαναλαμβανόμενων προμηθειών αγαθών μπορεί να συνάπτονται συμβάσεις για την κάλυψη μακροχρόνιων αναγκών των φορέων, κατά τους ειδικότερους όρους των σχετικών διατάξεων, με την επιφύλαξη του άρθρου 22 του ν.δ.τος 321/1966, αναφορικά με τις προμήθειες που βαρύνουν τον τακτικό προϋπολογισμό.

15. Στις συμβάσεις προμηθειών ειδών εισαγόμενων από το εξωτερικό μπορεί να αναμολογείται το τίμημα

σε ξένο νόμισμα και οι προσφορές των Ελλήνων προμηθευτών να εκφράζονται σε αυτό.

16. Οι φορείς για τη σύναψη και εκτέλεση συμβάσεων προμηθειών υποχρεούνται να υποβάλλουν στο Υπουργείο Εμπορίου οπωσδήποτε στοιχεία αυτών.

Σε περίπτωση που ο υπόχρεος φορέας δεν υποστείται τα παραπάνω στοιχεία εντός προθεσμίας έξι (6) μηνών από την ολοκλήρωση της προμήθειας επβάλλεται σε αυτόν χρηματική ποινή ύψους έως 5% της αξίας της προμήθειας.

Με απόφαση του Υπουργού Εμπορίου καθορίζεται η διαδικασία εισηγίας του ανωτέρω προστίμου, το οποίο αποτελεί έσοδο του Δημοσίου και κάθε άλλο θέμα συναφές με την επιβολή της δικαστικής αυτής κύρωσης.

Άρθρο 3

Προμήθεια αγαθών σημαντικής οικονομικής ή τεχνολογικής αξίας

1. Για τις προμήθειες αγαθών σημαντικής οικονομικής ή τεχνολογικής αξίας των φορέων του δημόσιου τομέα του άρθρου 1 του παρόντος νόμου, αρμόδια είναι η Επιτροπή που συνιστάται κάθε φορά με απόφαση του Υπουργικού Συμβουλίου σύμφωνα με το εδάφιο γ της παραγράφου 4 του άρθρου 8 του ν. 1558/1985. Στην Επιτροπή αυτή συμμετέχουν και εκπρόσωποι των κομμάτων που είναι αναγνωρισμένα στη Βουλή.

2. Η επιλογή των προμηθευτών, που υπόγονται στην αρμοδιότητα της Επιτροπής της προηγούμενης παραγράφου, γίνεται με κοινή απόφαση των Υπουργών Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας και Εμπορίου, που εκδίδεται ύστερα από γνώμη της Ε.Π.Π.Π.

Η Επιτροπή αποφασίζει για το είδος της διαδικασίας που θα τηρηθεί, για το φορέα διενέργειας των διαδικασιών της προμήθειας και για την κατακύρωση, ανάθεση ή μίσθωση της προμήθειας.

Στην Επιτροπή εισηγούνται για όλα τα θέματα των αρμοδιοτήτων της, εκπρόσωποι των Υπουργείων Εθνικής Οικονομίας, Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας και Εμπορίου. Μπορούν επίσης να συμμετέχουν ως εισηγητές κάθε φορά εκπρόσωποι του φορέα, για τον οποίο προορίζεται η συγκεκριμένη προμήθεια. Ο πρόεδρος της Επιτροπής μπορεί να ορίζει ειδικό εισηγητή ή εισηγητές, εφόσον αυτό απαιτείται από τη φύση του συζητούμενου θέματος. Οι εισηγητές συμμετέχουν στην Επιτροπή χωρίς δικαίωμα ψήφου.

3. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Εθνικής Οικονομίας, Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας και Εμπορίου ρυθμίζεται κάθε λεπτομέρεια για την εφαρμογή των διατάξεων του άρθρου αυτού.

Άρθρο 4

Διαδικασίες συμμετοχής - Τεχνικές προδιαγραφές Μητρώο προμηθευτών - Εγγυοδοσία - Ενστάσεις

1. Στις προμήθειες που διενεργούνται με βάση τις διατάξεις του νόμου αυτού, δικαίωμα συμμετοχής έχουν φυσικά και νομικά πρόσωπα, καθώς και ενώσεις προμηθευτών που υποβάλλουν κοινή προσφορά.

2. Οι τεχνικές προδιαγραφές των υπό προμήθεια αγαθών ορίζονται από τους φορείς για τους οποίους προορίζονται.

Οι τεχνικές προδιαγραφές αγαθών, των οποίων οι

προμήθειες εκτελούνται από το Υπουργείο Εμπορίου, ελέγχονται, τροποποιούνται και εγκρίνονται από αυτό.

Με κοινή απόφαση των Υπουργών Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας και Εμπορίου, που εκδίδεται μετά από γνώμη της Ε.Π.Π.Π., μπορούν να υπόκεινται σε έλεγχο, τροποποίηση και έγκριση τεχνικές προδιαγραφές αγαθών όλων των φορέων που υπόγονται στις διατάξεις του νόμου αυτού.

Με την ίδια απόφαση καθορίζεται και ο φορέας διενέργειας του ελέγχου και ρυθμίζεται κάθε σχετική λεπτομέρεια.

Οι τεχνικές προδιαγραφές δεν μπορεί να περιλαμβάνουν όρους που προσδιορίζουν προϊόντα ορισμένης κατασκευής ή προέλευσης ή μεθόδους επεξεργασίας, που έχουν ως αποτέλεσμα να ευνοούν ή να αποκλείουν ορισμένες επιχειρήσεις ή προϊόντα, εκτός των περιπτώσεων κατά τις οποίες οι προδιαγραφές αυτές δικαιολογούνται απόλυτα από τη φύση του υπό προμήθεια προϊόντος.

3. Οι φορείς, που υπόγονται στις διατάξεις του νόμου αυτού, έχουν υποχρέωση να τηρούν μητρώο προμηθευτών.

Με κοινή απόφαση των Υπουργών Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας και Εμπορίου, μετά από γνώμη της Ε.Π.Π.Π., καθορίζονται οι όροι και οι προϋποθέσεις εγγραφής, διαγραφής, ο τρόπος τήρησης του και κάθε άλλο στοιχείο απαραίτητο για την εκτέλεση του σκοπού του.

Με όμοια απόφαση μπορεί να αποκλείονται για ορισμένο ή ορισμένο χρόνο από τις προμήθειες του δημόσιου τομέα προμηθευτές, που σύμφωνα με την αξιολόγηση των στοιχείων του μητρώου τους δεν ανταποκρίθηκαν επαρκώς στις υποχρεώσεις τους.

Ο αποκλεισμός αυτός μπορεί να αναφέρεται στην απαγόρευση συμμετοχής προμηθευτή σε μέρος ή στο σύνολο των προμηθειών ενός, περισσότερων ή όλων των φορέων.

4. Για τη σύναψη και εκτέλεση των συμβάσεων προμηθειών απαιτούνται εγγυήσεις συμμετοχής, καλής εκτέλεσης και προκαταβολής.

5. Κατά της διακήρυξης του διαγωνισμού ή της νομιμότητας διενέργειάς του ή της συμμετοχής προμηθευτή σε αυτόν επιτρέπεται ένσταση.

Άρθρο 5

Κανονισμοί προμηθευτών

1. Η σύναψη και η εκτέλεση των συμβάσεων προμηθειών του Δημοσίου και των Ν.Π.Δ.Δ. που αποτελούν οργανισμούς της καθ' ύλην αυτοδιοίκησης γίνονται σύμφωνα με τον Κανονισμό Προμηθευτών Δημοσίου (Κ.Π.Δ.).

Κατ' εξαίρεση το Υπουργείο Εθνικής Άμυνας εκτελεί τις προμήθειες, που αναφέρονται στα εδάφια β και γ της παρ. 6 § του άρθρου 1 του παρόντος, σύμφωνα με τις οικείες για τις προμήθειες του βελάδες που ισχύουν κατά το χρόνο έκδοσης του νόμου αυτού και οι οργανισμοί τοπικής αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α) με βάση ενόσια κανονισμό προμηθευτών, ο οποίος θεσπίζεται με προεδρικό διάταγμα, πού εκδίδεται με πρόταση των Υπουργών Εσωτερικών και Εμπορίου.

2. Ο Κ.Π.Δ. θεσπίζεται με προεδρικό διάταγμα, που εκδίδεται μέσα σε δύο (2) μήνες από την έναρξη ισχύος του παρόντος νόμου, με πρόταση των Υπουργών Οι-

κοινωνικών, Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας και Εμπορίου και περιέχει:

α) τους όρους της προϋποθέσεως διενέργειας των προμηθειών, τις διαδικαστικές ενέργειες, το κριτήριο συμμετοχής.

β) τους ειδικότερους όρους συμμετοχής, το κριτήριο αξιολόγησης και κάθε άλλη προϋπόθεση ή διαδικασία ενέργεια μέχρι την ανακοίνωση της κατακύρωσης ή της απευθείας ανάθεσης της προμήθειας, την ευθύνη του προμηθευτή μετά την οριστική παραλαβή των αγαθών.

γ) τις προϋποθέσεις καταβολής εγγύησης, τον τύπο, το ύψος, τους υποχρεώσεις και κάθε άλλη λεπτομέρεια που αφορά τη διασφάλιση της ολοκλήρωσης των προμηθειών.

δ) τις προθεσμίες, τους όρους και τις προϋποθέσεις ορκίσεως ενδιαφερομένων προσφυγής.

ε) το ύψος της προκαταβολής επί της συμβατικής αξίας, τις προθεσμίες απόδοσης λογαριασμού, τους διάφορους τρόπους πληρωμής και κάθε άλλο θέμα που αφορά την αποπληρωμή του τιμήματος της σύμβασης προμήθειας.

στ) τις προθεσμίες των επί μέρους διαδικασιών, τη σύσταση των συλλογικών οργάνων που συμμετέχουν στη σύνταξη και εκτέλεση των συμβάσεων προμηθειών των επί μέρους φορέων, τον τρόπο διοικητικής επίλυσης των διαφορών που ανακύπτουν μέχρι την ολοκλήρωση της προμήθειας, τις χρηματικές κυρώσεις (πρόστιμα, καταπίωση ποινικής ρήτρας ή εγγυοδοσίας κ.λπ., αποπληρωμή εν όλω ή εν μέρει κ.λπ.), οποιαδήποτε άλλη διοικητική κύρωση στους μη εκπληρώνοντες τις αναληφμένες υποχρεώσεις τους και κάθε άλλο θέμα αναγκαίο για την εφαρμογή του νόμου αυτού.

3. Όλοι οι άλλοι φορείς, πέραν εκείνων της παραγράφου 1 του άρθρου αυτού, συνάπτουν και εκτελούν τις συμβάσεις προμηθειών τους σύμφωνα με τους οικείους κανονισμούς προμηθειών φορέων (Κ.Π.Φ.), που καταρτίζονται από τους ίδιους τους φορείς και εγκρίνονται με απόφαση των Υπουργών Εμπορίου και του κατά περίπτωση αρμόδιου υπουργού, ισχύουν δε από τη δημοσίευσή τους στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

Οι Κ.Π.Φ. ρυθμίζουν θέματα όμοια με εκείνα που ρυθμίζει ο Κ.Π.Δ. και συντάσσονται σύμφωνα με τις οδηγίες που παρέχονται με απόφαση του Υπουργού Εμπορίου.

Η απόφαση αυτή εκδίδεται μέσα σε δύο (2) μήνες από την έναρξη ισχύος του νόμου και οι κανονισμοί υποβάλλονται στα συναρμόδια υπουργεία για έγκριση μέσα σε τρεις (3) μήνες από την έκδοση της απόφασης, εγκρίνονται δε μέσα σε δύο (2) μήνες από την υποβολή τους.

4. Οι προθεσμίες των προηγούμενων παραγράφων μπορεί να παρατείνονται με απόφαση του Υπουργού Εμπορίου.

Άρθρο 8

Επιτροπή Πολιτικής και Προγραμματισμού Προμηθειών - Επιτροπές - Ομάδες εργασίας

1. Στο Υπουργείο Εμπορίου ανιστάται Επιτροπή Πολιτικής και Προγραμματισμού Προμηθειών (Ε.Π.Π.Π.), με γραμματεία προς εξυπηρέτησή της. Η Επιτροπή συγκροτείται με απόφαση του Υπουργού Εμπορίου. Με απόφαση του ίδιου Υπουργού εγκρίνεται και ο κανονι-

σμός λειτουργίας της.

Οι αρμοδιότητες της Ε.Π.Π.Π. ανίστανται σε παροχή γνώμης σε κάθε θέμα, που αναφέρεται ή προκύπτει από τις διατάξεις του παρόντος νόμου.

2. Η Ε.Π.Π.Π. συγκροτείται από:

α) το Γενικό Γραμματέα του Υπουργείου Εμπορίου, ως Πρόεδρο, αναπληρούμενο σε περίπτωση απουσίας ή καλύμματος από το Γενικό Διευθυντή Κρατικών Προμηθειών,

β) έναν υπάλληλο του Υπουργείου Εθνικής Οικονομίας,

γ) έναν υπάλληλο του Υπουργείου Βιομηχανίας - Ενέργειας και Τεχνολογίας,

δ) δύο υπαλλήλους του Υπουργείου Εμπορίου,

ε) έναν εκπρόσωπο του Συνδέσμου Ελληνικών Βιομηχανιών (Σ.Ε.Β.),

στ) έναν εκπρόσωπο της Γενικής Συνομοσπονδίας Επαγγελματιών και Βιοτεχνών Ελλάδος (Γ.Σ.Ε.Β.Ε.),

ζ) έναν εκπρόσωπο της Γενικής Συνομοσπονδίας Εργατών Ελλάδος (Γ.Σ.Ε.Ε.),

η) έναν εκπρόσωπο της Τρόπεζας της Ελλάδος,

θ) έναν εκπρόσωπο της Κεντρικής Ένωσης Δήμων και Κοινοτήτων Ελλάδος (Κ.Ε.Δ.Κ.Ε.),

ι) έναν εκπρόσωπο του Ελληνικού Οργανισμού Μεκροσκοπικών Μεταποιητικών Επιχειρήσεων και Χαρτοτεχνίας (Ε.Ο.Μ.Μ.Ε.Χ.),

ια) έναν εκπρόσωπο των Εμπορικών και Βιομηχανικών Επιμελητηρίων Αθηνών, Πειραιώς και Θεσσαλονίκης εκ περιτροπής,

ιβ) έναν εκπρόσωπο του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (Τ.Ε.Ε.),

ιγ) έναν εκπρόσωπο της Π.Α.Σ.Ε.Γ.Ε.,

ιδ) έναν υπάλληλο της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Τεχνολογίας του Υπουργείου Βιομηχανίας.

Τα μέλη της Επιτροπής ορίζονται, με ισόριθμους αναπληρωτές, από τους αρμόδιους φορείς για μια τριετία. Κατά τη διάρκεια της θητείας τους αντικαθίστανται μόνο για εύλογη απία ή μετά από παραίτηση. Τα μέλη που ορίζονται σε αντικατάσταση άλλων μελών, διορίζουν μόνο τον υπόλοιπο χρόνο της θητείας των μελών που αντικατέστησαν.

Οι υπάλληλοι που συμμετέχουν στην Επιτροπή (κάτω μέλη και αναπληρωτές), φέρουν τουλάχιστον το βαθμό β' ή σήκουν στο ειδικό ελπιστημονικό προσωπικό με βαθμό τουλάχιστον υπερχείρα.

Ο υπάλληλος του Υπουργείου Βιομηχανίας, Ενέργειας και Τεχνολογίας και ο ένας τουλάχιστον υπάλληλος του Υπουργείου Εμπορίου θα είναι μηχανολόγοι - ηλεκτρολόγοι, αναλυτές συστημάτων, χημικοί - μηχανικοί, ενώ ο δεύτερος υπάλληλος του Υπουργείου Εμπορίου θα είναι ο Προϊστάμενος της Διεύθυνσης Πολιτικής Προμηθειών.

Ος εισηγητής χωρίς φέρεο στην Επιτροπή θα συμμετέχει ο Προϊστάμενος του Τμήματος του Υπουργείου Εμπορίου, επικουρούμενος στο έργο του από το χειριστή του θέματος.

Παράλληλα μπορεί να ορίζονται κατά περίπτωση από τον Πρόεδρο, ως εισηγητές, εκπρόσωποι του φορέα που αφορά το συζητούμενο θέμα.

Ο Πρόεδρος της Επιτροπής, σε όλες εξαιρετικές περιπτώσεις και εφόσον από τη φύση του προς συζήτηση θέματος απαιτούνται εξειδικευμένες γνώσεις, αναθέτει την εισήγηση του συγκεκριμένου θέματος και σε τρίτο.

που δεν έχει σχέση με τους εμπλεκόμενους στην Επιτροπή φορείς.

Γραμματικές ορίζονται δύο υπάλληλοι του Υπουργείου Εμπορίου.

3. Με απόφαση του αρμόδιου για τη σύνταξη και εκτέλεση της σύμβασης προμήθειας υπουργού ή του αρμόδιου για τη διαφήση του φορέα που συνάπτει και εετλεί τη σύμβαση προμήθειας οργάνου, μετά από έγκριση του εποπτευόμενου υπουργού, μπορεί να συγκροτούνται έκτακτες επιτροπές ή ομάδες εργασίας για την αντιμετώπιση ειδικών θεμάτων κρατικών προμηθειών. Με την απόφαση αυτή καθορίζονται το έργο της έκτακτης επιτροπής ή ομάδας εργασίας και ο χρόνος και ο τρόπος λειτουργίας της. Η δαπάνη για τυχόν αποζημίωση των μελών που βαρύνει τον τακτικό προϋπολογισμό καθορίζεται με κοινή απόφαση του αρμόδιου κατά περίπτωση υπουργού και του Υπουργού Οικονομικών.

4. Η παραλαβή των αγαθών που σύμφωνα με τις διατάξεις του νόμου αυτού, γίνεται από το Υπουργείο Εμπορίου, πραγματοποιείται είτε από επιτροπές παραλαβής, που συγκροτούνται με απόφαση του Υπουργού Εμπορίου είτε από επιτροπές παραλαβής που συγκροτούνται με κοινή απόφαση του Υπουργού Εμπορίου και του αρμόδιου κατά περίπτωση υπουργού.

Με απόφαση του Υπουργού Εμπορίου συγκροτούνται πρωτοβάθμιες και, όταν αυτό απαιτείται, δευτεροβάθμιες επιτροπές παραλαβής, κατά σύμβαση ή συμβάσεις ομοειδών υλικών. Με κοινή απόφαση του Υπουργού Εμπορίου και του αρμόδιου κατά περίπτωση υπουργού συγκροτούνται μόνιμες πρωτοβάθμιες επιτροπές παραλαβής. Καθίσκονται δευτεροβάθμιες επιτροπές παραλαβής στις περιπτώσεις συγκρότησης μόνιμων πρωτοβάθμιων επιτροπών, ασκούν δευτεροβάθμιες επιτροπές, που συγκροτούνται με απόφαση του Υπουργού Εμπορίου σύμφωνα με το πρώτο εδάφιο της παραγράφου αυτής.

Με απόφαση του Υπουργού Εμπορίου, που δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, καθορίζονται οι αρμοδιότητες των πρωτοβάθμιων, μόνιμων ή μη, και των δευτεροβάθμιων επιτροπών παραλαβής, οι όροι για τη συγκρότηση δευτεροβάθμιων επιτροπών παραλαβής, η σύνθεση των επιτροπών, η διαδικασία επιλογής των μελών τους, ο τρόπος λειτουργίας τους, ο χρόνος και η διαδικασία παραλαβής των υλικών, ο τρόπος διουσιτικής επίλυσης των διαφορών που ανακύπτουν κατά την παραλαβή και κάθε άλλη ανάγκη λεπτομέρεια.

Τα μέλη των πρωτοβάθμιων επιτροπών προέρχονται από το φορέα, για τον οποίο προορίζονται τα αγαθά της διενεργηθείσας προμήθειας. Η επιλογή τους γίνεται σύμφωνα με τη διαδικασία που καθορίζεται στο εδάφιο 2 της παρούσας παραγράφου, από πίνακες εξειδικευμένου προσωπικού, τους οποίους υποβάλλουν στο Υπουργείο Εμπορίου, μέχρι τη 15η Δεκεμβρίου κάθε έτους οι φορείς, για λογαριασμό των οποίων διενεργούνται οι προμήθειες υλικών και ισχύουν από την 1η Ιανουαρίου του επόμενου έτους.

Αν ο φορέας δεν διαθέτει το απαιτούμενο εξειδικευμένο προσωπικό, η επιτροπή παραλαβής μπορεί να συμπληρώνεται από προσωπικό άλλων φορέων, με την ίδια διαδικασία. Τα μέλη των δευτεροβάθμιων επιτροπών παραλαβής μπορούν να προέρχονται είτε από το φορέα

για τον οποίο προορίζονται τα αγαθά είτε από άλλους φορείς και η επιλογή τους θα γίνεται σύμφωνα με τη διαδικασία που καθορίζεται στην απόφαση του εδαφίου 2 της παρούσας παραγράφου από τους ανωτέρω πέντες.

5. Με απόφαση του Υπουργού Εμπορίου, μετά από γνώμη της αρμόδιας επιτροπής προμηθειών, μπορεί να εγκριθεί με ή χωρίς έκπτωση από το συμβατικό τίμημα η παραλαβή αγαθών που απορρίφθηκε από πρωτοβάθμια ή δευτεροβάθμια επιτροπή παραλαβής. Στην περίπτωση αυτή, η πρωτοβάθμια ή η δευτεροβάθμια, κατά περίπτωση, επιτροπή παραλαβής παραλαμβάνει το αγαθό και συντάσσει το οριστικό πρωτόκολλο με βάση την απόφαση του Υπουργού Εμπορίου.

Άρθρο 7

Λογιστικές διατάξεις

1. Στο γενικό προϋπολογισμό του Κράτους εγγράφονται οι απαραίτητες πιστώσεις για την εκτέλεση των προμηθειών που η δαπάνη τους βαρύνει τον Κρατικό Προϋπολογισμό και που, σύμφωνα με τις διατάξεις του νόμου αυτού, εκτελούνται από το Υπουργείο Εμπορίου.

2. Για τις προμήθειες, που εκτελούνται κεντρικά από το Υπουργείο Εμπορίου ή που ανατίθενται από αυτό σε άλλους φορείς, επιβάλλεται κράτηση 0,10% υπέρ του Δημοσίου για την κάλυψη λειτουργικών δαπανών της Γενικής Διεύθυνσης Κρατικών Προμηθειών.

3. Για τις προμήθειες που συνάπτονται και εκτελούνται από το Υπουργείο Εμπορίου ή από άλλους φορείς, στους οποίους ανατίθεται η σύνταξη συμβάσεων ή και η εκτέλεση κατά τις διατάξεις του νόμου αυτού, καθώς και από τις υπηρεσίες εμπορίου της νομαρχιακής αυτοδιοίκησης που διενεργούνται από τις Ε.Ε.Ε. ή που έχουν ανατεθεί στους ενδιαφερόμενους φορείς, επιβάλλεται κράτηση επί της συμβατικής αξίας 0,25% υπέρ του Δημοσίου και 0,30% υπέρ του Ταμείου Αρωγής των Υπαλλήλων του Υπουργείου Εμπορίου.

4. Από την παραπάνω κράτηση εξαιρούνται οι προμήθειες που γίνονται:

- α) από το εξωτερικό χωρίς διαγωνισμό και
- β) σε βάρος των πιστώσεων του προγράμματος δημοσίων επενδύσεων.

5. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Εμπορίου ρυθμίζονται όλα τα λογιστικά θέματα που αναφέρονται στην εκτέλεση των κρατικών προμηθειών (εγγραφή ειδικής πίστωσης, καταλογισμός και είσπραξη χρηματικών κυρώσεων κ.λπ.).

6. Με επιμέλεια των διατάξεων για τα ανώτατα όρια των πρόσδετων αμοιβών, η αμοιβή των κύριων και βοηθητικών μελών όλων των προβλεπόμενων από τον παρόντα νόμο μόνιμων Επιτροπών καθορίζεται, κατά παράδοση από τις κείμενες διατάξεις, με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομικών, Βιομηχανίας, Ενέργειας, Τεχνολογίας και Εμπορίου και βαρύνει τις πιστώσεις του Υπουργείου Εμπορίου.

Άρθρο 8

Γενική Διεύθυνση Κρατικών Προμηθειών

1. Συστήνεται στο Υπουργείο Εμπορίου Γενική Διεύθυνση Κρατικών Προμηθειών.

Τα της οργάνωσης της Γενικής Διεύθυνσης ορίζονται με προεδρικό διάταγμα, που εκδίδεται με πρόταση των Υπουργών Προεδρίας της Κυβέρνησης, Οικονομικών και Εμπορίου.

2. Οι οργανικές θέσεις της κεντρικής υπηρεσίας του Υπουργείου Εμπορίου αυξάνονται κατά τριάντα (30) και κατανομούνται κατά κατηγορίες και κλάδους ως εξής:

α) Επτά (7) θέσεις κατηγορίας ΠΕ, κλάδου ΠΕ-Διοικητικών Εμπορικών.

β) Οκτώ (8) θέσεις κατηγορίας ΠΕ, κλάδου ΠΕ Τεχνικών (Ειδικότητας Χημικών - Κλωστοϋφανών).

γ) Πέντε (5) θέσεις κατηγορίας ΠΕ, κλάδου ΠΕ Τεχνικών Ειδικότητας.

δ) Τρεις (3) θέσεις κατηγορίας ΠΕ, κλάδου ΠΕ Πληροφορικής.

ε) Δύο (2) θέσεις κατηγορίας ΤΕ, κλάδου ΤΕ Τεχνολογικών Τροφίμων και Διστροφής.

στ) Πέντε (5) θέσεις κατηγορίας ΔΕ, κλάδου ΔΕ Δακτυλογράφων - Στενογράφων.

Άρθρο 9

Μετά το δεύτερο εδάφιο του άρθρου 7 του π.δ./τος 367/28.11.1994 προστίθεται νέο εδάφιο, ως εξής:

"Οι διατάξεις του άρθρου 127 παρ. 1 του κ.δ. ν. 2190/1920 που προστέθηκε με το άρθρο 4 του π.δ./τος 367/1994, εφαρμόζονται το αργότερο από τις εταιρικές χρήσεις που αρχίζουν από 1ης Ιανουαρίου 1995 και εφεξής.

Το προσάρτημα των χρήσεων που αρχίζουν την 1η Ιανουαρίου 1994 και εφεξής θα παρέχονται πλήρεις πληροφορίες περί του τρόπου απομνημόνευσης των συμμετοχών και χρεογράφων

Άρθρο 10

Μεταθετικές Διατάξεις - Καταργούμενες Διατάξεις

1. Προμήθειες ειδών ενταγμένες σε προγράμματα που έχουν εγκριθεί πριν από την έναρξη της ισχύος του παρόντος νόμου, εκτελούνται υπό το ηρωικόχουσιν κοβεστώε.

Μέχρι την έκδοση των προβλεπόμενων από το νόμο αυτών: α) Κ.Π.Δ., β) Κ.Π.Θ. και γ) άλλων διοικητικών πράξεων εξακολουθούν να ισχύουν οι αντίστοιχες διατάξεις των νόμων, κανονισμών και διακητικών πράξεων περί προμηθειών, όπως τροποποιηθείσες ισχύουν και εφόσον συμβιβάζονται με τις διατάξεις του παρόντος νόμου.

2. Καταργούνται από την έναρξη ισχύος του παρόντος νόμου οι διατάξεις:

α) του άρθρου 3 του ν.δ. 2178/1952 "περί μέτρων προστασίας επαρχιακής βιομηχανίας",

β) του β.δ./τος 2/3.9.1952 "περί καθορισμού ποσοστών προτίμησης προϊόντων επαρχιακής βιομηχανίας",

γ) του ν. 3216/1955 "περί προστασίας των προϊόντων της εγχωρίου βιομηχανίας και βιοτεχνίας",

δ) του άρθρου 2 του ν. 3213/1955 "περί τροποποιήσεως και συμπληρώσεως των διατάξεων περί μέτρων προστασίας της επαρχιακής βιομηχανίας",

ε) του ν. 4484/1965 "περί τροποποιήσεως και συμπληρώσεως των διατάξεων του ν. 3216/1955",

στ) του άρθρου 45 του ν. 1563/1985 "περί διαρρυθμίσεων στην άμεση και έμμεση φορολογία",

ζ) του άρθρου 53 του ν. 1731/1987 "περί ρυθμίσεων στην άμεση και έμμεση φορολογία και άλλες διατάξεις",

η) του άρθρου 27 του ν. 1733/1987 "μεταφορά τεχνολογίας, εφευρέσεις, τεχνολογική καινοτομία και σύσταση Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας",

θ) του ν. 1797/1988, διατηρουμένου σε ισχύ του άρθρου 18 του νόμου τούτου,

ι) του άρθρου 89 του ν. 1892/1990,

ια) του Κεφαλαίου Ζ' του ν. 2000/1991,

ιβ) του άρθρου 7 του ν. 1940/1991,

ιγ) των π.δ./των 360/1991, 381/1991 362/1991 και

139/1992 μόνο καθόσον αφορά στις προμήθειες των

αντίστοιχων φορέων,

ιδ) του άρθρου 24 του ν. 2020/1992.

3. Καταργείται κάθε άλλη διάταξη που αντίκειται στον παρόντα νόμο.

Άρθρο 11

Έναρξη ισχύος

Η ισχύς του παρόντος νόμου αρχίζει την 1.1.1996, εκτός αν στις επί μέρους διατάξεις ορίζεται άλλως.

Παραγγέλλομε τη δημοσίευση του παρόντος στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως και την εκτέλεσή του ως νόμου του Κράτους.

Αθήνα, 30 Ιανουαρίου 1996

Ο ΠΡΕΣΒΥΤΗΣ ΤΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Γ. ΚΑΡΑΜΑΝΛΗΣ

ΑΥΤΟΓΡΑΦΟ

ΠΡΕΣΒΥΤΗΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ
Ι. ΠΟΤΤΑΚΗΣ

ΕΘΝΙΚΟΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΣΤΗΣ
Γ. ΠΑΠΑΝΤΩΝΟΥ

ΒΙΟΜΗΧ., ΕΠΕΡ. ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ
Α. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ

ΚΑΙ ΕΜΠΟΡΙΟΥ
Κ. ΣΙΜΗΤΗΣ

Θεωρήθηκε και τέθηκε η Μεγάλη Σφραγίδα του Κράτους

Αθήνα, 30 Ιανουαρίου 1996

Ο ΕΠΙΤΕΛΕΥΣΤΗΣ ΤΗΣ ΠΡΟΤΥΠΗΣ
Γ. ΚΟΥΒΕΛΛΑΚΗΣ



ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ

ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟ

Αρ. Φύλλου 199

14 Σεπτεμβρίου 1995

ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ ΥΠ ΑΡΙΘ. 370

(1)

Προσαρμογή της Ελληνικής νομοθεσίας περί προμηθειών του Δημοσίου προς το Κοινοτικό δίκαιο, ειδικότερα προς τις διατάξεις της Οδηγίας του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης 83/36/ΕΕ της 14 Ιουνίου 1983 (ΕΕ αριθμ. L 199 της 9.8.1983, σελ. 1) περί συντονισμού των διαδικασιών για την σύναψη συμβάσεων δημοσίων προμηθειών.

Ο ΠΡΕΣΒΥΤΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

Έχοντας υπόψη:

1. Τις διατάξεις του άρθρου 29α του νόμου 1558/1985 «Κυβέρνηση και Κυβερνητικά Όργανα» (ΦΕΚ 137/Α/1985), το οποίο προσετέθη με το άρθρο 27 του Ν. 2081/1992 (ΦΕΚ 154/Α/1992).

2. Τις διατάξεις του άρθρου 4 του Ν. 1338/1985 (ΦΕΚ 34/Α/1985) «Εφαρμογή του κοινοτικού δικαίου» όπως τροποποιήθηκε με τις διατάξεις του άρθρου 8 παρ. 4 του Ν. 1440/1984 (ΦΕΚ 70/Α/1984 «Συμμετοχή της Ελλάδος στο κεφάλαιο, στα αποθεματικά και στις προβλέψεις της Ευρωπαϊκής Τράπεζας, κλπ.», τις διατάξεις του άρθρου 31 του Ν. 2078/1992 (ΦΕΚ 130/Α/1992) «Ανάληψη και άσκηση δραστηριότητας πιστωτικών ιδρυμάτων και συναφείς διατάξεις» και τις διατάξεις του άρθρου 85 του Ν. 1892/1990 «για τον εκσυγχρονισμό και την ανάπτυξη και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 101/Α/31.7.90).

3. Τις κοινές αποφάσεις: α) του Πρωθυπουργού και Υπουργού Εμπορίου Β3/230/20.10.93 «Ανάθεση αρμοδιοτήτων στον Υφυπουργό εμπορίου (ΦΕΚ 830/Β/22.10.93), β) την ΥΠΛ 122/14.7.94 Απόφαση του Πρωθυπουργού περί ανάθεσης αρμοδιοτήτων στον Αναπληρωτή Υπουργό ΒΕΤ (ΦΕΚ 550/Β/15.7.94).

4. Το γεγονός ότι από τις διατάξεις του παρόντος δεν προκαλείται δαπάνη σε βάρος του κρατικού προϋπολογισμού.

5. Την γνωμοδότηση 333/1995 του Συμβουλίου της Επικρατείας, μετά από πρόταση των Υπουργών Εθνικής Οικονομίας, Οικονομικών, του Αναπληρωτή υπουργού Βιομηχανίας - Ενέργειας - Τεχνολογίας και του Υφυπουργού Εμπορίου αποφασίζουμε:

Άρθρο 1

Σκοπός

Σκοπός του παρόντος προεδρικού διατάγματος είναι η προσαρμογή της ελληνικής νομοθεσίας περί προμηθειών του Δημοσίου προς τις διατάξεις της Οδηγίας του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης 83/36/ΕΕ της 14ης Ιουνίου 1983 «Περί συντονισμού των διαδικασιών για την σύναψη συμβάσεων δημοσίων προμηθειών».

Άρθρο 2

Ορισμοί και πεδίο εφαρμογής

1. Συμβάσεις προμηθειών του Δημοσίου είναι οι εγγράφως συνταχόμενες εξ επαχθούς αιτίας συμβάσεις που έχουν αντικείμενο: Την αγορά και την αγορά με δόσεις, τη μίσωση, τη χρηματοδότηση μίσωση, με ή χωρίς δικαίωμα εξσφοράς προϊόντων, μεταξύ των ανωθετουσών αρχών εκ των οριζόμενων στην παράγραφο 2 και των προμηθευτών (φυσικών ή νομικών προσώπων). Η παράδοση των προϊόντων αυτών, δύνανται να περιλαμβάνει και εργασίες τοποθέτησης και εγκαταστάσεων.

2. α) Ανάθετες αρχές νοούνται το κράτος, οι οργανισμοί τοπικής αυτοδιοίκησης, οι οργανισμοί δημοσίου δικαίου, οι ενώσεις που συγχροτούνται από έναν ή περισσότερους από τους προαναφερμένους οργανισμούς τοπικής αυτοδιοίκησης ή οργανισμούς δημοσίου δικαίου, είτε περιλαμβάνονται είτε όχι στο δημόσιο τομέα του άρθρου 61 του Ν. 1892/90 και του άρθρου 4 παρ. 6 του Ν. 1943/91, όπως οριοθετείται κάθε φορά.

β) Οι οργανισμοί δημοσίου δικαίου νοείται κάθε οργανισμός:

Ι. που έχει νομική προσωπικότητα.

ΙΙ. που δημιουργήθηκε ειδικά για να εκτελέσει ανάγκες κοινής ωφελείας, που δεν έχουν βιομηχανικό ή εμπορικό χαρακτήρα, και

ΙΙΙ. του οποίου είτε η δραστηριότητα χρηματοδοτείται κατά κύριο λόγο από το κράτος, τους οργανισμούς τοπικής αυτοδιοίκησης ή άλλους οργανισμούς δημοσίου δικαίου, είτε η διαχείριση υπόκειται σε έλεγχο από το κράτος ή τους οργανισμούς αυτούς, είτε ένα του ημίσεως του αριθμού των μελών του οργάνου διοίκησης, διεύθυνσης ή εποπτείας διορίζεται από το κράτος, τους οργανισμούς τοπικής αυτοδιοίκησης ή άλλους οργανισμούς δημοσίου δικαίου.

3. Στις διατάξεις του παρόντος υπάγονται οι συμβάσεις

προμηθειών των ως άνω αναθετούσων αρχών, των οποίων η προϋπολογιζόμενη αξία κατά την ημερομηνία δημοσίευσής της προκηρύξεως του διαγωνισμού, χωρίς τον φόρο Προστιθέμενης Αξίας είναι:

α) Για όσες συνάπτονται από τις παραπάνω αναθετούσες αρχές ίση ή μεγαλύτερη από την αντίστοιχη αξία σε δραχμές των 200.000 ECU. Ειδικά, όσον αφορά τις αναθετούσες αρχές στον τομέα της άμυνας, οι οποίες κατανομάζονται στο Παράρτημα I του παρόντος Π.Δ., το όριο αυτό ισχύει για προϊόντα μη κατανομαζόμενα στο Παράρτημα II του παρόντος Π.Δ.

β) Για όσες συνάπτονται από τις αναθετούσες αρχές που πρέπει να εφαρμόζουν τη συμφωνία της ΓΑΤΤ για τις κρατικές προμήθειες και οι οποίες ορίζονται στο Παράρτημα I του παρόντος ίση ή μεγαλύτερη από την αντίστοιχη αξία σε δραχμές των κατωτέρων ορίων που αυτή ορίζει. Ειδικά, όσον αφορά τις αναθετούσες αρχές στον τομέα της άμυνας, το όριο αυτό ισχύει μόνο για τις συμβάσεις που αφορούν προϊόντα, τα οποία καλύπτονται με το Παράρτημα II του παρόντος.

Η αξία των ανωτέρω ορίων σε δραχμές καθόδε και το κατώτερο όριο που καθορίζεται από την συμφωνία της ΓΑΤΤ για τις κρατικές προμήθειες και εφαρμόζεται σε ECU αναθεωρούνται κάθε δύο έτη, αρχής γενομένης από 1/1/1988. Οι αξίες αυτές δημοσιεύονται στην επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων τις πρώτες ημέρες του Νοεμβρίου.

4. Όταν πρόκειται για συμβάσεις οι οποίες έχουν αντικείμενο την αγορά με δόσεις, την μίσθωση, τη χρηματοδοτική μίσθωση προϊόντων, πρέπει να λαμβάνεται ως βάση για τον υπολογισμό της προϋπολογιζόμενης αξίας της συμβάσεως:

α) στην περίπτωση συμβάσεων ορισμένου χρόνου, η συνολική αξία συμπεριλαμβανομένου του προϋπολογιζόμενου ποσού για αλόγιστη τη διάρκεια της συμβάσεως.

β) στην περίπτωση συμβάσεων ορισμένου χρόνου ή στην περίπτωση που η διάρκειά τους δεν μπορεί να οριστεί, η μηνιαία αξία πολλαπλασιαζόμενη επί 48.

5. Στην περίπτωση συμβάσεων που επαναλαμβάνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα ή συμβάσεων που πρόκειται να ανανεωθούν εντός δεδομένου χρονικού διαστήματος, πρέπει να λαμβάνεται ως βάση για την εφαρμογή των παραγράφων 2, 3 και 4 του παρόντος άρθρου είτε η συνολική πραγματική αξία σόλων διαδοχικών συμβάσεων που έχουν συναφθεί κατά την διάρκεια των προηγούμενων δώδεκα μηνών ή του προηγούμενου οικονομικού έτους, αναπροσαρμοζόμενη, εάν είναι δυνατόν, προκειμένου να ληφθούν υπόψη τροποποιήσεις κατά ποσότητα ή κατ' αξία που θα ελάμβαναν ενδεχομένως χώρα κατά την διάρκεια των επόμενων δώδεκα μηνών, είτε η προϋπολογιζόμενη αξία των διαδοχικών συμβάσεων κατά τους δώδεκα μήνες που ακολουθούν από την πρώτη παροχή ή κατά την διάρκεια της συμβάσεως, εφόσον η διάρκεια αυτή υπερβαίνει τους δώδεκα μήνες.

6. Εάν μία προγραμματιζόμενη αγορά προϊόντων του αυτού τύπου μπορεί να οδηγήσει σε ταυτόχρονη σύναψη χωριστών συμβάσεων καθ' ομάδες, πρέπει να λαμβάνεται ως βάση για την εφαρμογή των παραγράφων 2, 3, 4 και 5 του παρόντος άρθρου η προϋπολογιζόμενη συνολική αξία αυτών των ομάδων.

7. Σε περίπτωση που η προγραμματιζόμενη σύμβαση προμηθειών προσβλέπει ρητά δικαίωμα προαίρεσης, ως

βάση για τον υπολογισμό της προϋπολογιζόμενης αξίας της συμβάσεως πρέπει να λαμβάνεται το ανώτατο επιτρεπόμενο συνολικό ποσό της αγοράς της μισθώσεως, της χρηματοδοτικής μισθώσεως, της αγοράς με δόσεις, συμπεριλαμβανομένου του δικαιώματος προαίρεσης.

8. Καμία προμήθεια για μία ορισμένη ποσότητα προϊόντων δεν επιτρέπεται να καταταγεί με σκοπό την αποφυγή της εφαρμογής του παρόντος άρθρου.

9. Οι διατάξεις του παρόντος διατάγματος έχουν εφαρμογή και στις συμβάσεις προμηθειών που αφορούν στις αναθετούσες αρχές του τομέα της άμυνας, εκτός από τα προϊόντα για τα οποία εφαρμόζεται το άρθρο 223 παράρ. 1 εδάφιο β της συνθήκης ΕΟΚ.

Άρθρο 3

Εξαίρεσεις

1. Οι διατάξεις του παρόντος Π.Δ. δεν εφαρμόζονται στις αναθετούσες αρχές των οποίων οι δραστηριότητες είναι οι ακόλουθες:

α) Η διόθεση ή η εκμετάλλευση δικτύων σχεδιασμένων να παρέχουν στο κοινό υπηρεσίες στον τομέα της παραγωγής, της μεταφοράς ή της διανομής.

Ι. πόσιμου νερού ή

II. ηλεκτρισμού ή

III. αερίου ή θερμότητας ή η τροφοδότηση των δικτύων αυτών με πόσιμο νερό, ηλεκτρισμό, αέριο ή θερμότητα.

β) Η εκμετάλλευση μίας συγκεκριμένης γεωγραφικής περιοχής με σκοπό:

Ι. την ανέγερση πετρελαιοειδών, αερίων, άνθρακα ή άλλων στερεών καυσίμων, καθώς και την άντληση, τη συλλογή ή την εξόρυξη τους αντίστοιχες ή

II. τη διόθεση περαιομένων θαλάσσιων ή ποτάμιων λαβών ή άλλων περαιομένων στοιχείων μεταφορών, μόνον σε αεροπορικούς, θαλάσσιους ή ποτάμιους μεταφορείς.

γ) Η εκμετάλλευση δικτύων που παρέχουν υπηρεσίες στο κοινό στους τομείς των μεταφορών με σιδηρόδρομο, αυτόματα συστήματα, τράμ, τρέλα, λεωφορεία ή καλώδια όσον αφορά τις υπηρεσίες μεταφορών, θεωρείται ότι ανήκει στο δίκτυο όταν η υπηρεσία παρέχεται με τους όρους που ορίζονται από την αρμόδια αρχή ενός κράτους-μέλους, όπως οι όροι που αφορούν τις ακολουθητέες διαδρομές, τη διαθέσιμη μεταφορική ικανότητα ή τη συχνότητα παροχής της υπηρεσίας.

δ) Η διόθεση ή εκμετάλλευση δημοσίων τηλεπικοινωνιακών δικτύων ή η παροχή μίας ή περισσότερων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών προς το κοινό.

2. Οι διατάξεις του παρόντος Π.Δ. δεν εφαρμόζονται και στις συμβάσεις που συνάπτονται από τους φορείς που ασκούν δραστηριότητα αναφερόμενη στην παρ. 1 στοιχείο α) σημείο I) του παρόντος άρθρου και οι οποίες:

α) συνδέεται με σχέδια υδραυλικής μηχανικής, αρδευσικών ή αποστραγγιστικών έργων, εφόσον ο όγκος του νερού που προορίζεται για τροφοδότηση σε πόσιμο νερό υπερβαίνει το 20% του συνολικού όγκου νερού που διατίθεται για τα εν λόγω σχέδια ή εγκαταστάσεις αρδεύσεως ή αποστράγγισης ή

β) συνδέεται με την αποχέτευση ή την επεξεργασία λυμάτων.

3. Οι διατάξεις του παρόντος Π.Δ. δεν εφαρμόζονται σε περιπτώσεις προμηθειών που χαρακτηρίζονται απόρρητες ή πρέπει να συνοδεύονται από ειδικά μέτρα ασφαλείας, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία ή όταν αυτό

απαιτείται για την προστασία βασικών συμφερόντων του κράτους σε θέματα ασφαλείας.

4. Οι διατάξεις του παρόντος Π.Δ. δεν εφαρμόζονται επίσης προκειμένου για συμβάσεις προμηθειών του Δημοσίου οι οποίες διέπονται από διαφορετικούς διαδικαστικούς κανόνες και συνθήκες.

α) Με βάση διεθνή συμφωνία, που έχει υπογραφεί μεταξύ της χώρας μας και άλλης ή άλλων χωρών που δεν είναι μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και η οποία έχει ως αντικείμενο τις προμήθειες που προορίζονται για την πραγματοποίηση ή εκμετάλλευση από κοινού ενός έργου από το κράτη που υπέγραψαν την συμφωνία.

Κάθε τέτοια συμφωνία πρέπει να κοινοποιείται στην Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.

β) Με βάση διεθνή συμφωνία, που αναφέρεται στη στάθμευση στρατευμάτων και οφоруόν προμήθειες προς υποστήριξη των στρατευμάτων αυτών.

γ) Σύμφωνα με ειδική διαδικασία διεθνούς οργανισμού.

δ. Όταν αναθέτουμε αρχή εκ των οριζόμενων στην παράγραφο 2 του άρθρου 2 του παρόντος Π.Δ. παραχωρεί σε φορέα που δεν είναι αναθέτουμε αρχή, ανεξαρτήτως του νομικού του καθεστώτος, ειδικό ή αποκλειστικό δικαίωμα να ασκεί δραστηριότητα δημόσιας υπηρεσίας, η πράξη περί παραχώρησης του δικαιώματος αυτού πρέπει να περιλαμβάνει τον όρο ότι ο εν λόγω οργανισμός οφείλει να τηρεί την αρχή της μη διακρίσεως λόγω θρησκείας, κατά τη σύνταξη συμβάσεων προμηθειών με τρίτους.

Άρθρο 4

Τρόποι διενέργειας προμηθειών

Οι προμήθειες που υπόγονται στις διατάξεις του παρόντος Π.Δ. διενεργούνται είτε με διαγωνισμό, είτε με την διαδικασία με διαπραγματεύσεις.

Άρθρο 5

Είδη διαγωνισμών

Οι διαγωνισμοί διακρίνονται σε ανοικτούς διαγωνισμούς και κλειστούς διαγωνισμούς.

Άρθρο 6

Ανοικτός διαγωνισμός

1. Ανοικτός διαγωνισμός είναι εκείνος στο πλαίσιο του οποίου όλοι οι ενδιαφερόμενοι προμηθευτές μπορούν να υποβάλλουν προφορές, ύστερα από δημοσίευση περίληψης της διακήρυξης στον τύπο, σύμφωνα με τις καείμενες διατάξεις.

2. Κατά τον ανοικτό διαγωνισμό, η προθεσμία για την υποβολή των προφορών δεν πρέπει να είναι μικρότερη των 52 ημερών, από την ημερομηνία αποστολής της περίληψης στην Υπηρεσία Επισήμων Εκδόσεων των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.

3. Εφόσον ζητηθούν έγκαιρα τα σχετικά με τον προκηρυσσόμενο διαγωνισμό έγγραφα από τους ενδιαφερόμενους προμηθευτές, αυτά παρέχονται σ' αυτούς μέσα σε έξι (6) εργάσιμες ημέρες από τη λήψη της σχετικής απή-
σεως.

4. Εφόσον ζητηθούν έγκαιρα συμπληρωματικές πληροφορίες σχετικά με το έγγραφο του διαγωνισμού, αυτές παρέχονται έξι (6) τουλάχιστον ημέρες πριν από την ημερομηνία λήξης της προθεσμίας που έχει οριστεί για την υποβολή των προφορών.

5. Στις περιπτώσεις όπου οι προφορές δύνανται να γί-

νουν μόνο κατόπιν επιτοπίου επικοινωνίας ή αμέσου εξή-
τάσεως των δικαιολογητικών εγγράφων της προκήρυ-
ξεως, η προθεσμία που ορίζεται στην παράγραφο 2 πρέ-
πει να παρατείνεται ανάλογα.

Ομοίως παρατείνεται ανάλογα και στη περίπτωση που το σχετικά με τον προκηρυσσόμενο διαγωνισμό έγγραφο δεν είναι δυνατόν λόγω του όγκου τους να παρασχεθούν εντός των προθεσμιών που καθορίζονται στις παραγρά-
φους 3 και 4 του παρόντος άρθρου.

6. Κατά τον ανοικτό διαγωνισμό, η προκήρυξη πρέπει να περιλαμβάνει τουλάχιστον τα στοιχεία του Παραρτήματος IV/B του παρόντος Π.Δ.

Άρθρο 7

Κλειστός διαγωνισμός

1. Στον κλειστό διαγωνισμό οι αναθέτουσες αρχές με βάση τις πληροφορίες για την προσωπική κατάσταση του προμηθευτή καθώς και τις πληροφορίες και τις διατυπώ-
σεις που είναι αναγκαίες για την αξιολόγηση των ελλάρ-
σιων οικονομικών και τεχνικών προδιαποθέσεων που πρέ-
πει να πληροί, επιλέγουν μεταξύ των υποψηφίων που δια-
θέτουν το απαιτούμενο προσόντα βάσει του άρθρου 14 του παρόντος Π.Δ., εκείνους τους οποίους θα καλέσουν να υποβάλουν προσφορά.

2. Κατά τον κλειστό διαγωνισμό προηγείται διακήρυξη, περίληψη της οποίας δημοσιεύεται στον τύπο, με τη
οποία καλούνται οι ενδιαφερόμενοι να υποβάλουν αίτηση συμμετοχής.

Όταν οι αναθέτουσες αρχές προσφύγουν στον κλειστό διαγωνισμό για την σύναψη σύμβασης, μπορούν να προ-
βλέπουν το όριο μεταξύ των οποίων θα λειτουργεί ο αριθ-
μός των προμηθευτών τους οποίους σκοπεύουν να προ-
καλέσουν. Στην περίπτωση αυτή τα όρια αναφέρονται στην προκήρυξη. Τα όρια αυτά καθορίζονται σε συνάρ-
τηση με τη φύση των προϊόντων της προμήθειας. Το κατώ-
τερο από τα όρια αυτά δεν πρέπει να είναι μικρότερο από
πέντε, το δε ανώτερο μπορεί να οριστεί μέχρι 20. Σε κάθε
περίπτωση ο αριθμός των υποψηφίων που καλούνται να
υποβάλουν προσφορά πρέπει να επαρκεί για την εξασφά-
λιση συνθέτων πραγματικού ανταγωνισμού.

3. Κατά τον κλειστό διαγωνισμό, η προθεσμία για την
υποβολή των αιτήσεων συμμετοχής δεν μπορεί να είναι
μικρότερη των 37 ημερών, από την ημερομηνία αποστα-
λής περίληψης της διακήρυξης στην Υπηρεσία Επισή-
μων Εκδόσεων των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων για δημο-
σίευση. Σε περιπτώσεις κατά τις οποίες επείγοντες λόγοι
καθιστούν την προθεσμία αυτή ανεφάρμοστη, τότε η προ-
θεσμία που θα οριστεί δεν μπορεί να είναι μικρότερη των
16 ημερών, από την ημερομηνία αποστολής της περίλη-
ψης της διακήρυξης.

4. Η πρόσκληση στους υποψηφίους, που επιλέγονται
για την υποβολή των προφορών, γίνεται με έγγραφο που
αποστέλλεται ταυτόχρονα και με τους ίδιους όρους σε
όλους τους υποψηφίους προμηθευτές και περιέχει τα
στοχεία που ορίζονται στην παράγραφο 10 του παρόντος
άρθρου.

5. Η προθεσμία για την υποβολή των προφορών δεν
πρέπει να είναι μικρότερη των 40 ημερών, από την ημερο-
μηνία αποστολής της έγγραφης προκήρυξης. Στην περι-
πτωση εφαρμογής της επείγουσας διαδικασίας της πα-
ραγρ. 3 του παρόντος άρθρου τότε η προθεσμία που θα
οριστεί δεν μπορεί να είναι μικρότερη των 10 ημερών, από

την ημερομηνία αποστολής της έγγραφης πρόσκλησης.

6. Εφόσον ζητηθούν έγκαιρα συμπληρωματικές πληροφορίες, σχετικά με τη συγκεκριμένη προμήθεια, αυτές παρέχονται έξι (6) τουλάχιστον ημέρες πριν από την ημερομηνία λήξης της προθεσμίας που έχει οριστεί για την υποβολή των προσφορών.

7. Οι αιτήσεις για συμμετοχή στο διαγωνισμό και οι προσκλήσεις για υποβολή προσφορών μπορεί να αποστέλλονται ταχυδρομικά, τηλεγράφικα ή με τηλετύπο, με τηλεμοτυπία ή με τηλέφωνο.

Στις τέσσερις τελευταίες περιπτώσεις, οι αιτήσεις πρέπει να επιβεβαιώνονται με επιστολή βεβαίως χρονολογίας.

8. Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες οι προσφορές δίδονται να γίνουν κατόπιν επισημικού επικαλέσματος ή αμείβου εξέτασης των προσαρτημένων εγγράφων στη συγγραφή υποχρεώσεων, η προθεσμία των 40 ημερών που ορίζεται στην παράγραφο 5 του παρόντος άρθρου πρέπει να παρατείνεται αναλόγως.

9. Κατά τον κλειστό διαγωνισμό η διακήρυξη πρέπει να περιλαμβάνει τουλάχιστον τα στοιχεία του Παραρτήματος IV/Γ του παρόντος.

10. Η πρόσκληση για υποβολή προσφορών, κατά τον κλειστό διαγωνισμό, πρέπει να περιλαμβάνει τουλάχιστον τα ακόλουθα:

α) τη διεύθυνση της Υπηρεσίας από την οποία μπορούν να ζητηθούν τα σχετικά έγγραφα, την προθεσμία μέσα στην οποία πρέπει να εγγράσουν οι ενδιαφερόμενοι και το ποσό που τυχόν καταβάλλεται για τη χορήγηση των εγγράφων αυτών, τους όρους πληρωμής του ποσού αυτού,

β) την προθεσμία για την υποβολή των προσφορών, τη διεύθυνση στην οποία πρέπει να αποσταλούν και τη γλώσσα ή τις γλώσσες στις οποίες πρέπει να είναι συνταγμένες,

γ) τα αρμόδια όργανα για την αποσφράγιση των προσφορών, τα πρόσωπα που μπορούν να παρίστανται, καθώς και ημερομηνία, ώρα και τόπος αποσφράγισης,

δ) τις εγγυήσεις και λοιπές εξασφαλίσεις οποιασδήποτε μορφής, οι οποίες ενδεχόμενα ζητούνται,

ε) την πηγή της χρηματοδότησης, το νόμισμα και τον τρόπο πληρωμής της προμήθειας,

στ) τη διάρκεια ισχύος των προσφορών,

ζ) τα στοιχεία τα οποία μπορούν να αποδείξουν το αναφερόμενο στις δηλώσεις που υποβάλλουν οι υποψήφιοι όπως αυτό ορίζεται στο άρθρο 14 του παρόντος Π.Δ.

η) τα κριτήρια για την καταχώριση της προμήθειας, εάν αυτό δεν αναφέρονται στην περίληψη της διακήρυξης.

θ) τα στοιχεία της δημοσιευθείσας προκήρυξης για την εκδήλωση ενδιαφέροντος.

Άρθρο 8

Κανόνες δημοσιότητας

1. Οι αναθέτουσες αρχές γνωστοποιούν, το ταχύτερο δυνατό, μετά την έναρξη του οικονομικού τους έτους, με σχετική ανακοίνωση που συντάσσεται σύμφωνα με το υπόδειγμα Α' του Παραρτήματος IV όλες τις προμήθειες κατά κατηγορίες προδόντων των οποίων η συνολική προπολογιζόμενη αξία, (λαμβάνομένων υπόψη των διατάξεων του άρθρου 2 του παρόντος), είναι ίση ή μεγαλύτερη σε δραχμές από 750.000 ECU, και τις οποίες προτίθενται να διενεργήσουν κατά τη διάρκεια των επόμενων δώδεκα μηνών. Οι κατηγορίες των προδόντων καθορίζονται από τις

αναθέτουσες αρχές με παραπομπή στην ονοματολογία CPA (ΕΕ αριθμ. L 842 της 31/12/1983 σελ. 1).

2. Οι αναθέτουσες αρχές που επιθυμούν να συνάψουν σύμβαση προμηθειών με ανοιχτό ή κλειστό διαγωνισμό ή με διαδικασία με διαπραγμάτευση γνωστοποιούν την πρόθεσή τους με προκήρυξη, με την επιφύλαξη των προβλεπόμενων στην παράγραφο 4 του άρθρου 10 του παρόντος.

3. Οι αναθέτουσες αρχές που συνάπτουν σύμβαση γνωστοποιούν το αποτέλεσμα με σχετική ανακοίνωση. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατόν να μη δημοσιευθούν ορισμένες πληροφορίες σχετικά με την σύμβαση της σύμβασης, όταν η γνωστοποίηση τέτοιου είδους πληροφοριών θα εμπόδιζε την εφαρμογή νόμων, θα ήταν αντίθετη προς το δημόσιο συμφέρον, θα μπορούσε να βλάψει βαρύντως εμπορικά συμφέροντα δημόσιων ή ιδιωτικών επιχειρήσεων ή να βλάψει το βαρύντως ανταγωνισμό μεταξύ των προμηθευτών.

4. Οι ανακοινώσεις και οι προκηρύξεις που προβλέπονται στις παραγράφους 1, 2 και 3 του παρόντος άρθρου αποστέλλονται από την αναθέτουσα αρχή το ταχύτερο δυνατό και τα καταλληλότερα μέσα στην Υπηρεσία Επισήμων Εκδόσεων των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. Στην περίπτωση της συνοπτικής διαδικασίας οι ανακοινώσεις αποστέλλονται με τηλετύπο ή τηλεγράφημα ή τηλεμοτυπία.

5. Η ανακοίνωση που προβλέπεται στην παράγραφο 1 του παρόντος άρθρου αποστέλλεται το ταχύτερο δυνατό μετά την έναρξη κάθε οικονομικού έτους ή δε ανακοίνωση που προβλέπεται στην παράγραφο 3 του παρόντος άρθρου αποστέλλεται το αργότερο 48 ημέρες με τη σύναψη της σύμβασης.

6. Οι ανακοινώσεις και οι προκηρύξεις καταρτίζονται σύμφωνα με τα υποδείγματα που περιλαμβάνονται στο Παράρτημα IV του παρόντος. Οι αναθέτουσες αρχές δεν μπορούν να θέτουν όρους άλλους από εκείνους που προβλέπονται στο άρθρο 14 παραγράφους 6, 7, 8, 9 και 10 όταν ζητούν πληροφοριακά στοιχεία σχετικά με το οικονομικό και τεχνικά κριτήρια που θέτουν στους προμηθευτές για την επιλογή τους (σημείο 11 του Παραρτήματος IV Β, σημείο 9 του Παραρτήματος IV Γ και σημείο 8 του Παραρτήματος IV Δ). Οι ανακοινώσεις δημοσιεύονται στην Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων και στην τράπεζα δεδομένων TED στη γλώσσα του πρωτοτύπου. Σύνοψη των σημαντικότερων στοιχείων κάθε ανακοίνωσης δημοσιεύεται στις λοιπές επίσημες γλώσσες των Κοινοτήτων. Αυθεντικό είναι μόνο το κείμενο του πρωτοτύπου. Η υπηρεσία Επισήμων Εκδόσεων των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων δημοσιεύει τις ανακοινώσεις δώδεκα ημέρες το αργότερο μετά την αποστολή τους. Στην περίπτωση της συνοπτικής διαδικασίας αυτή η προθεσμία μειώνεται σε πέντε ημέρες.

7. Οι ανακοινώσεις και οι προκηρύξεις δεν πρέπει να δημοσιεύονται στον ελληνικό τύπο πριν από την ημερομηνία αποστολής τους στην υπηρεσία Επισήμων Εκδόσεων των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, την οποία πρέπει και να αναφέρουν. Οι εν λόγω δημοσιεύσεις δεν πρέπει να περιέχουν άλλες πληροφορίες εκτός από εκείνες που δημοσιεύονται στην Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.

8. Οι αναθέτουσες αρχές πρέπει να είναι σε θέση να αποδείξουν την ημερομηνία της αποστολής της ανακοίνωσης ή της προκήρυξης.

9. Οι αναθέτουσες αρχές δύνανται να δημοσιεύουν στην Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων προκηρύξεις διαγωνισμών προμηθειών, που δεν υπόκεινται στις διατάξεις του παρόντος Π.Δ. περί υποχρεωτικής δημοσίευσης.

10. Τα έξοδα δημοσίευσης των προκηρύξεων και των ανακοινώσεων στην Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων βαρύνουν την Ευρωπαϊκή Ένωση. Το κείμενο της προκήρυξης δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει την μία σελίδα της εν λόγω εφημερίδας, δηλαδή περίπου 650 λέξεις.

11. Οι αναθέτουσες αρχές γνωστοποιούν μέσα σε προθεσμία 15 ημερών από την παραλαβή της αίτησης, σε κάθε αποκλεισθέντα υποψήφιο ή προσφέροντα που υποβάλλει σχετική αίτηση, τους λόγους απόρριψής της υποψηφιότητάς του ή της προσφοράς του και στην περίπτωση υποβολής προσφοράς, γνωστοποιούν και το όνομα ή την επωνυμία του αναδόχου.

12. Οι αναθέτουσες αρχές γνωστοποιούν στους υποψηφίους ή τους προσφέροντες, που υποβάλλουν σχετική αίτηση, τους λόγους για τους οποίους αποφάσισαν να μην συνάψουν τελικά τη σύμβαση για την οποία έχει προκηρυχθεί διαγωνισμός ή να αρχίσουν εκ νέου την σχετική διαδικασία. Ενημερώνουν επίσης την Υπηρεσία Επισήμων Εκδόσεων των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων για την απόφαση αυτή.

13. Για κάθε σύμβαση που έχει αναφερθεί, οι αναθέτουσες αρχές καταρτίζουν πρακτικά, στο οποίο περιλαμβάνονται τουλάχιστον:

- Το όνομα και η διεύθυνση της αναθέτουσας αρχής, το αντικείμενο και η αξία της σύμβασης,
- τα ονόματα ή οι επωνυμίες των επιλεγέντων υποψηφίων ή προσφερόντων και η αιτιολόγηση της επιλογής τους,
- τα ονόματα ή οι επωνυμίες των αποκλεισθέντων υποψηφίων ή προσφερόντων και οι λόγοι αποκλεισμού τους,
- το όνομα ή η επωνυμία του αναδόχου και η αιτιολόγηση της επιλογής της προσφοράς του, καθώς και, εάν είναι γνωστό, το ημερολόγιο της σύμβασης που ο ανάδοχος προτίθεται να αναθέσει υπεργολαβικά σε τρίτους,
- όσον αφορά τις διαδικασίες με διαπραγμάτευση, οι περιστάσεις που αναφέρονται στο άρθρο 10 και οι οποίες δικαιολογούν την προσαγωγή στις διαδικασίες αυτές.

Το πρακτικό αυτό ή τα κατώτερα σημεία του κοινοποιούνται στην Επιτροπή μετά από αίτησή της.

Άρθρο 8

Υπολογισμός προθεσμιών

Ο υπολογισμός όλων των προθεσμιών που ορίζονται στο παρόν θα γίνεται σύμφωνα με τον Κανονισμό του Συμβουλίου (ΕΟΚ ΕΚΑΕ) αριθμ. 1182/71 της 21ης Ιουνίου 1971 (ΕΕ αριθμ. L124 της 8.8.1971, σελ. 1) ο οποίος καθορίζει τους κανόνες, που εφαρμόζονται στις προθεσμίες και ημερομηνίες.

Άρθρο 10

Διαδικασία με διαπραγμάτευση

1. Διαδικασία με διαπραγμάτευση είναι η διαδικασία στα πλαίσια της οποίας η αναθέτουσα αρχή προσφεύγει στους προμηθευτές της επιλογής της και διαπραγματεύεται τους όρους της σύμβασης με ένα ή περισσότερους από αυτούς.

2. Στις διαδικασίες με διαπραγμάτευση, οι αναθέτουσες αρχές με βάση τις πληροφορίες για την προσωπική κατάσταση του προμηθευτή καθώς και τις πληροφορίες και τις πληροφορίες που είναι αναγκαίες για την αξιολόγηση των ελάχιστων οικονομικών και τεχνικών προϋποθέσεων που πρέπει να πληροί, επιλέγουν μεταξύ των υποψηφίων που διαθέτουν τα απαιτούμενα προσόντα βάσει του άρθρου 14 του παρόντος Π.Δ., εκείνους τους οποίους θα καλέσουν να διαπραγματευθούν.

3. Όταν οι αναθέτουσες αρχές προσφεύγουν στη διαδικασία διαπραγμάτευσης για τη σύμβαση της σύμβασης, στις περιπτώσεις που αναφέρονται στην παράγραφο 4 του παρόντος άρθρου, οι υποψήφιοι που γίνονται δεκτοί για διαπραγμάτευση δεν μπορεί να είναι λιγότεροι από τρεις, εφόσον υπάρχει επαρκής αριθμός κατάλληλων υποψηφίων.

4. Οι αναθέτουσες αρχές μπορούν να συνάψουν σύμβαση προμηθειών με τη διαδικασία των διαπραγματεύσεων σε περίπτωση υποβολής μη κανονικών προσφορών στα πλαίσια ανοικτής ή κλειστής διαδικασίας ή σε περίπτωση προσφοράν οι οποίες, βάσει εθνικών διατάξεων, συμφωνούν με τις διατάξεις περί κανόνων συμμετοχής κριτηρίων επιλογής προμηθευτών και κριτηρίων κατανομής δικαιώσεων, δεν είναι δυνατόν να γίνουν δεκτές και υπό την προϋπόθεση ότι οι αρχικοί όροι της διακήρυξης δεν έχουν τροποποιηθεί ουσιωδώς. Στις περιπτώσεις αυτές, οι αναθέτουσες αρχές δημοσιεύουν προκήρυξη διαγωνισμού, η οποία πρέπει να περιλαμβάνει τουλάχιστον τα στοιχεία που περιλαμβάνονται στο Παράρτημα IV/Γ εκτός εάν οι αυτές τις διαδικασίες μέσω διαπραγμάτευσεων, περιλαμβάνονται όλες οι επιπτώσεις που πληρούν τους απαραίτητους όρους εξ εθνικών που κατά τον προηγούμενο ανωτέρω ή κλειστό διαγωνισμό είχαν υποβάλει προσφορές σύμφωνα με τις τυπικές προϋποθέσεις των διαγωνισμών. Η διαδικασία για την υποβολή προσφορών στις παραπάνω περιπτώσεις πρέπει να περιλαμβάνει τουλάχιστον τα στοιχεία που περιλαμβάνονται στην παράγραφο 10 του άρθρου 7 του παρόντος. Η προθεσμία για την υποβολή των αιτήσεων συμμετοχής καθορίζεται όπως στην παράγραφο 3 του άρθρου 7 του παρόντος.

5. Οι αναθέτουσες αρχές μπορούν επίσης να συνάψουν συμβάσεις προμηθειών προσφεύγοντας στη διαδικασία των διαπραγματεύσεων χωρίς προηγούμενη δημοσίευση προκήρυξης διαγωνισμού, στις ακόλουθες περιπτώσεις:

α) όταν δεν υπερβλήθη καμία προσφορά μετά από πρόσκληση σε ανοικτό ή κλειστό διαγωνισμό, εφόσον οι αρχικοί όροι της προκήρυξης δεν έχουν τροποποιηθεί ουσιωδώς και διαβιβάζεται έκθεσή στην Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων,

β) όταν τα σχετικά προϊόντα κατασκευάζονται αποκλειστικά για σκοπούς ερευνών, πειραμάτων, μελετών ή αναπτύξεως. Η διάταξη αυτή δεν καλύπτει την παραγωγή ποσοτήτων κανόν να εξασφαλίσουν εμπορική βιωσιμότητα στο είδος ή την απόδοση δοκιμών έρευνας και ανάπτυξης,

γ) όταν για τεχνικούς ή καλλιτεχνικούς λόγους ή για λόγους που αφορούν την προστασία δικαιωμάτων αποκλειστικότητας, τα προς προμήθεια προϊόντα μπορούν να κατασκευαστούν ή να παραδοθούν μόνο από ορισμένο προμηθευτή,

δ) στο βαθμό που είναι απόλυτα αναγκαίο, όταν για κα-

τεπιεχόντες λόγους ασφαλισμένους σε γεγονότα που δεν είναι δυνατόν να προβλεφθούν από τις αναθέτουσες αρχές, δεν είναι δυνατόν να τηρηθούν οι προθεσμίες που απαιτούνται στις ανουκτικές ή κλειστές ή με διαπραγματεύση διαδικασίες. Οι περιστάσεις που επικολογούνται οι αναθέτουσες αρχές για να δικαιολογήσουν τον επιπεχόντα αυτό χαρακτήρα δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να απορρέουν από δική τους ευθύνη.

ε) για τις συμπληρωματικές παραδόσεις που πραγματοποιούνται από τον αρχικό προμηθευτή και προσορίζονται είτε για τη μερική ανανέωση προμηθειών ή εγκαταστάσεων τρέχουσας χρήσης είτε για επέκταση υφιστάμενων προμηθειών ή εγκαταστάσεων εφόσον η αλλαγή προμηθευτή θα υποχρέωνε ενδεχομένως την αναθέτουσα αρχή να προμηθευτεί υλικό με διαφορετικά τεχνικά χαρακτηριστικά το οποίο είναι ασυμβίβαστο ή προκαλούν δυσανάλογες τεχνικές δυσχερείες ως προς την χρήση και συντήρηση. Η διάρκεια αυτών των συμβάσεων καθώς και των ανανεώσιμων συμβάσεων δεν επιτρέπεται, κατά κανόνα, να υπερβαίνει τα τρία έτη.

Άρθρο 11

Δικαιούμενοι συμμετοχής

Δικαίωμα συμμετοχής στις προμήθειες των αναθετουσών αρχών της παρ. 2 του άρθρου 2 του παρόντος Π.Δ. έχουν:

- α. φυσικά ή νομικά πρόσωπα,
- β. συνεταιρισμοί,
- γ. ενώσεις προμηθευτών που υποβάλλουν κοινή προσφορά,
- δ. κοινοπραξίες προμηθευτών.

Οι ενώσεις και οι κοινοπραξίες αυτές δεν πρέπει να υποχρεώνονται να λαμβάνουν ορισμένη νομική μορφή προκειμένου να υποβάλουν την προσφορά. Πάντως η επιλεγείσα ένωση ή κοινοπραξία δύναται να υποχρεωθεί να πράξει τούτο, εάν κατακυρωθεί η αυτήν η σύμβαση, εφόσον η λήψη ορισμένης νομικής μορφής είναι αναγκαία για την εκπροσητική εκτέλεση της σύμβασης.

Άρθρο 12

Κανόνες κανόνες συμμετοχής

1. Οι συμβάσεις ανατίθενται βάσει των κριτηρίων που προβλέπονται στο άρθρο 15 του παρόντος Π.Δ., λαμβάνοντας υπόψη τις διατάξεις της παρ. 3 του παρόντος άρθρου, μετά από έλεγχο της καταλληλότητας των μη αποκλεισθέντων προμηθευτών δυνάμει των παραγράφων 1, 2 και 3 του άρθρου 14 του παρόντος Π.Δ., τον οποίο διεξάγουν οι αναθέτουσες αρχές σύμφωνα με το κριτήριο οικονομικής χρησιμοποίησης και τεχνικής κορότητας που αναφέρονται στις παραγράφους 5, 6, 7, 8, 9, 10 και 11 του άρθρου 14 του παρόντος Π.Δ.

2. Οι αναθέτουσες αρχές ασφαλούν να αξόνται τον εμπιστευτικό χαρακτήρα κάθε πληροφορίας που παρέχεται από τους προμηθευτές.

3. Όταν η ανάθεση της σύμβασης γίνεται με βάση το κριτήριο της πλέον συμφέρουσας από οικονομική άποψη προσφοράς, οι αναθέτουσες αρχές μπορούν να λαμβάνουν υπόψη τις εναλλακτικές προσφορές που υποβάλλουν οι προσφέροντες, εφόσον οι προσφορές αυτές ανταποκρίνονται στις ελάχιστες προδιαγραφές που έχουν καθορίσει οι εν λόγω αναθέτουσες αρχές.

Στα τεύχη της συγγραφής υποχρεώσεων, οι αναθέτου-

σες αρχές αναφέρουν τις ελάχιστες προδιαγραφές που πρέπει να πληρούν οι εναλλακτικές προσφορές καθώς και τον τρόπο υποβολής αυτών των προσφορών. Εάν δεν επιτρέπεται η υποβολή εναλλακτικών προσφορών, αυτό πρέπει να αναφέρεται στην προκήρυξη του διαγωνισμού. Οι αναθέτουσες αρχές δεν μπορούν να μη δεχθούν την υποβολή εναλλακτικής προσφοράς αποκλειστικά και μόνο επειδή έχει καταρτισθεί με τεχνικές προδιαγραφές που έχουν καθορισθεί με αναφορά σε εθνικά πρότυπα τα οποία ισχύουν κατ' εφαρμογή των αντιστοιχών ευρωπαϊκών, σε ευρωπαϊκές τεχνικές εγκρίσεις ή σε κοινές τεχνικές προδιαγραφές που αναφέρονται στο άρθρο 18 παρ. 3 ή ακόμα σε εθνικές τεχνικές προδιαγραφές που αναφέρονται στο άρθρο 18 παρ. 6 στοιχεία α) και β).

4. Οι αναθέτουσες αρχές που έχουν αποδεχτεί εναλλακτικές προσφορές δύνανται της παραγράφου 1 του παρόντος άρθρου δεν μπορούν να απορρέουν εναλλακτική προσφορά μόνο για το λόγο ότι εφόσον επιλεγεί ενδεχεται να οδηγήσει στη σύμβαση δημόσιας σύμβασης υπηρεσιών αντί σύμβασης προμηθειών κατά την έννοια του παρόντος Π.Δ.

Στα τεύχη της συγγραφής υποχρεώσεων, η αναθέτουσα αρχή μπορεί να ζητήσει από τον προσφέροντα να της αναφέρει στην προσφορά του το τίμημα της σύμβασης που ενδεχομένως προτίθεται να αναθέσει υπερημερησιακά σε τρίτους.

Η ανακοίνωση αυτή δεν προδικάζει το ζήτημα της ευθύνης του κυρίου προμηθευτή.

Άρθρο 13

Κατάλογοι (Μητρώα) Αναγνωρισμένων Προμηθευτών

1. Οι Επίσημοι Κατάλογοι (Μητρώα) Αναγνωρισμένων Προμηθευτών, πρέπει να είναι προσαρμοσμένοι στις διατάξεις του άρθρου 14 (παρ. 1, στοιχεία α) έως δ) και 2) και των παραγράφων 4, 5, 6, 7, 8, 9 και 10.

2. Οι προμηθευτές που είναι εγγεγραμμένοι στους επίσημους καταλόγους μπορούν, για την εκάστοτε σύμβαση, να υποβάλλουν στην αναθέτουσα αρχή πιστοποιητικό εγγραφής που εκδίδεται από την αρμόδια αρχή. Στο πιστοποιητικό αυτό αναφέρονται τα δικαιολογητικά βάσει των οποίων έγινε η εγγραφή στον κατάλογο καθώς και η κατάσταση που προκύπτει από τον κατάλογο αυτό.

3. Η εγγραφή του προμηθευτή στους επίσημους καταλόγους πιστοποιούμενη από την αρμόδια αρχή δεν ανιστά για τις αναθέτουσες αρχές των άλλων Κρατών - μελών τα κριτήρια καταλληλότητας για προμήθειες παρά μόνο όσον αφορά το άρθρο 14 παραγράφου 1 στοιχεία α) έως δ) και 2) της παραγράφου 4, της παραγράφου 5 στοιχεία β) και γ) και της παραγράφου 8 στοιχεία α).

Οι πληροφορίες που μπορούν να συναχθούν από την εγγραφή τους επίσημους καταλόγους δεν είναι δυνατόν να τεθούν υπό αμφισβήτηση. Όσον αφορά πάντως την καταβολή των προσφορών κοινωνικής ασφάλισης, είναι δυνατόν να ζητηθεί, με την ευκαιρία κάθε σύμβασης, πρόσθετο πιστοποιητικό από κάθε εγγεγραμμένο προμηθευτή.

Οι αναθέτουσες αρχές των άλλων κρατών - μελών εφαρμόζουν τις διατάξεις του πρώτου και δεύτερου εδαφίου μόνο προς όφελος των προμηθευτών που είναι εγκατεστημένοι στο κράτος - μέλος, στα οποία έχει καταρτισθεί ο επίσημος κατάλογος.

4. Για την εγγραφή των προμηθευτών άλλων κρατών - μελών σε επίσημο κατάλογο δεν είναι δυνατόν να ζητη-

βούν άλλες αποδείξεις και δηλώσεις αυτές από εκείνες που ζητούνται από τους προμηθευτές που είναι Έλληνες υπήκοοι και σε κάθε περίπτωση, ότι άλλες από τις προβαλλόμενες στο άρθρο 14 παράγραφος 1) έως και 10).

6. Οι αρχώδεις αρχές που τυχόν επιτιμώμενοι καταλόγους, οφείλουν να ενημερώνουν το Υπουργείο Εμπορίου, το οποίο και γνωστοποιεί στα κράτη - μέλη και στην Ευρωπαϊκή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων τις διακρίσεις των αρχόντων αυτών αρχών, στις οποίες μπορούν να απευθύνονται οι αιτήσεις εγγράφων.

Άρθρο 14

Κριτήρια ποιοτικής επιλογής προμηθευτών

1. Χάδες προμηθευτής δύναται να αποκλεισθεί από τη συμμετοχή σε διαδικασία ανάθεσης σύμβασης προμηθευτών εφόσον:

α) Τελεί υπό πτώχευση, εκκαθάριση, πτώση εργασιών, αναγκαστική διαγίωση, έχει λάβει σε σύμφατο με τους πιστώτες ή οι εργασιές της επιχειρήσεώς του έχουν αναταλεί ή τελεί σε οποιαδήποτε ανάλογη κατάσταση που προκύπτει από πρόκληση διαδικασίας που προβλέπεται από νομοθετικές και κοινοτικές διατάξεις της χώρας εγκατάστασής του προμηθευτή.

β) Ερίσκονται σε διαδικασία κήρυξης πτώχευσης ή σε διαδικασία έκδοσης απόφασης αναγκαστικής εκκαθάρισης ή διαγίωσης σύμφατο με τους πιστώτες ή υπόκειται σε άλλες παρόμοιες διαδικασίες που προβλέπονται από τις νομοθετικές ή κοινοτικές διατάξεις της χώρας εγκατάστασής του προμηθευτή.

γ) Έχει καταδικασθεί με αμετάκλητη απόφαση για αδίκημα σχετικό με την επγγελματική του δραστηριότητα.

δ) Υπάρχει ένοχος οφειλόμενος επγγελματικός παραπτώματος το οποίο η αναθέτουσα αρχή δύναται να διαπιστώσει με οποιοδήποτε τρόπο.

ε) Δεν έχει εκπληρώσει τις υποχρεώσεις του όσον αφορά την καταβολή των ποσοφών κοινωνικής ασφαλίσεως, σύμφωνα με τους νόμους της χώρας εγκατάστασής του.

στ) Δεν έχει εκπληρώσει τις φορολογικές υποχρεώσεις του όπως προβλέπεται από τους νόμους της χώρας εγκατάστασής του.

ζ) Είναι ένοχος ψευδών δηλώσεων κατά την παροχή πληροφοριών που απαιτούνται κατά τις διατάξεις του παρόντος.

2. Όταν η αναθέτουσα αρχή ζητεί από τον προμηθευτή απόδειξη ότι δεν εμπνίπτει σε καμία από τις περιπτώσεις που αναφέρονται στα υπό στοιχεία α, β, γ, ε και στ της παραγράφου 1 του παρόντος άρθρου, η αρχή δύναται συνιστάσει απόδειξη:

- για τις περιπτώσεις α, β, ε και στ, πιστοποιητικό που εκδίδεται από αρμόδια αρχή,

- για την περίπτωση γ απόφαση ποινικού μετρήσει ή εάν αυτό δεν είναι δυνατό, ισοδύναμο έγγραφο που εκδίδεται από αρχή της χώρας καταγωγής ή προελεύσεως του προμηθευτή, εφόσον πρόκειται περί στοιμής επιτελέσεως ή προσώπης επιτελέσεως.

3. Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες δεν εκδίδονται τα στοιχεία ή πιστοποιητικά ή αυτά δεν καλύπτουν όλες τις περιπτώσεις που αναφέρονται στα υπό α, β και γ στοιχεία της παραγράφου 1 του παρόντος άρθρου, δύναται να συνεπαιστωθούν αυτά από ένοχη βεβαίωση του ενδιαφερομένου προοόπου ενέπουν διασταυρώς ή διασταυρώς

αυτής, συμβολαιογράφου ή οποιαδήποτε άλλης αρμόδιας αρχής του κράτους - μέλους. Σε κράτη - μέλη όπου δεν προβλέπεται ένοχη δήλωση δύναται να συνεπαιστωθεί αυτή από υπεύθυνη δήλωση. Η αρμόδια αρχή ή ο συμβολαιογράφος εκδίδει πιστοποιητικό που βεβαιώνει τη γνησιότητα της ενόχου δηλώσεως ή της υπεύθυνης δήλώσεως.

4. Κάθε προμηθευτής που επιθυμεί να λάβει μέρος σε διαγωνισμό προμηθειών του Δημοσίου ενδέχεται να ιδρυθεί να αποδέξει την εγγράφη του στο επγγελματικό ή εμπορικό μητρώο κατά τους όρους που καθορίζονται από τους νόμους της χώρας της Κοινότητας στην οποία είναι εγκατεστημένος. Στο Βέλγιο στο «Registre du Commerce» - εφκατάστασης, στη Δανία στο «Alderskabsregister» ή στο «Foretidsregister» και στο «Handelsregister» στη Γερμανία στο «Handelsregister» και στο «Gewerksregister» στη Γαλλία στο «Registre du Commerce» και στο «Etablissement des Metiers», στην Ιταλία στο «Registro della Camera di Commercio», «Industria», «Agricoltura e Artigianato» και στο «Registro delle Commissioni Provinciali per l'Artigianato» στο Λουξεμβούργο στο «Registre aux Firmes» και στο «Folie de la Chambre des Metiers», στην Ολλανδία στο «Handelsregister» και στην Πορτογαλία στο «Registo Nacional das Pessoas Colectivas», στην Ελλάδα σε «Εταιρικό ή Βιομηχανικό ή Εμπορικό Επγγελματικό» και άλλα Επγγελματικά των παραγομένων τόπων. Στην Ισπανία στο «Registro Mercantil» ή στην περίπτωση μη επγγελματικών μεμονωμένων προσώπων, βεβαίωση στην οποία αναφέρεται ότι ο ενδιαφερόμενος βεβαίωση ενόχως ότι είναι να εν λόγω επγγελματία.

Στο Ηνωμένο Βασίλειο και στην Ιρλανδία ο προμηθευτής μπορεί να κληθεί να υποβάλει πιστοποιητικό από το «Registrar of Companies» ή από το «Registrar of Friendly Societies» ότι η επγγελματική του είναι «Incorporated» ή «Registered» ή εάν δεν υπάρχει τέτοιο πιστοποιητικό, να προσκομίσει ένοχη βεβαίωση ότι είναι εφκατάστατος στο σχετικά επγγελματικό κώδο στη χώρα στην οποία είναι εγκατεστημένος σε συνεπαιστωμένο τόπο εγκατάστασης και με συνεπαιστωμένη επμερική επμερική.

6. Η απόδειξη της χρηματοπιστωτικής και οικονομικής ικανότητας του προμηθευτού δύναται, κατά γενομένο νόμο, να παροσχεθεί με ένα ή περισσότερα από τα κατωτέρω μέσα:

α) με κατάλληλες βεβαιώσεις τραπεζών,

β) με την υποβολή αντιγράφου του ισολογισμού της επμερικής ή επμερικής αυτής.

γ) με δήλωση του συνολικού ύψους του κέρους εργασιών της επμερικής αυτής και του κέρους εργασιών αυτής, όσον αφορά το ετήσιον αποτελούν αποτελέσμο της επμερικής προμερικής, κατά τα τρία προηγούμενα οικονομικά έτη.

6. Οι αναθέτουσες αρχές οφείλουν στην προμερική ή στην προμερική για υποβολή προμερικών από ή από από τα ανωτέρω στοιχεία επμερικής και από άλλα στοιχεία τυχόν των αναφερομένων στην παράγραφο 6 του παρόντος άρθρου, πρέπει να προσκομίσουν.

7. Εάν για οποιαδήποτε επμερική αυτή ο προμηθευτής δύναται να προσκομίσει τα στοιχεία που ζητούνται από την αναθέτουσα αρχή δύναται να αποδείξει την οικονομική και χρηματοπιστωτική ικανότητά του με οποιοδήποτε άλλο έγγραφο το οποίο η αναθέτουσα αρχή κρίνει κατάλληλο.

α) Η τεχνική ικανότητα του προμηθευτή δύναται να αποδειχθεί ανάλογα με τη φύση, την ποιότητα και τον σκοπό των προς προμήθεια προϊόντων με την παροχή ενός ή περισσότερων από τα παρακάτω στοιχεία:

α) κατάλογο των κυριότερων παραδόσεων οι οποίες έγιναν κατά τα τρία προηγούμενα έτη, με το αντίστοιχο ποσό, ημερομηνίες και τους δημόσιους ή ιδιωτικούς αποδέκτες.

β) εάν μεν πρόκειται για προμήθειες αναθετούμενων εργαζομένων οι παραδόσεις αποδεικνύονται με πιστοποιητικά θεωρούμενα από την αρμόδια αρχή.

γ) εάν δε πρόκειται για προμήθειες ιδιωτών, η παράδοση πρέπει να βεβαιωθεί από τον αγοραστή ή εάν τούτο δεν είναι δυνατόν, θα δηλωθεί υπεύθυνο από τον προμηθευτή ότι πράγματι έγινε.

δ) περιγραφή του τεχνικού εξοπλισμού της επιχείρησης, των μέσων αυτής προς εξοφόρηση της ποιότητας και των τημάτων μελετών και ερευνών αυτής.

ε) αναφορά του απασχολούμενου τεχνικού προσωπικού ή των τεχνικών υπηρεσιών, είτε σήκουν ευθύνη σε αυτήν είτε όχι και ιδιαίτερα των υπευθύνων για τον ποιοτικό έλεγχο.

ς) δείγματα, περιγραφή ή και φωτογραφίες των προς προμήθεια προϊόντων, η αυθεντικότητα των οποίων πρέπει να βεβαιωθεί εάν η αναθέτουσα αρχή το απαιτεί.

ζ) πιστοποιητικά, εκδιδόμενα από επίσημο νομικό ή ποιοτικό έλεγχο ή Υπηρεσίες αναγνωρισμένης αρμοδιότητας, που να βεβαιώνουν την πλήρη ορισμένων προδιαγραφών ή προτύπων των προϊόντων, τα οποία σαφώς προσδιορίζονται με αναφορά σε προδιαγραφές ή πρότυπα.

η) έλεγχος που διενεργείται από την αναθέτουσα αρχή ή για λογαριασμό της από αρμόδιο επίσημο οργανισμό της χώρας στην οποία εδρεύει ο προμηθευτής: κατόπιν συμφωνίας με τον οργανισμό αυτόν, όταν το προς προμήθεια προϊόντο είναι σύνθετο ή κατ' εξαίρεση πρέπει να ανταποκρίνονται σε ειδικό σκοπό. Ο έλεγχος αυτός αφορά την παραγωγική ικανότητα του προμηθευτού και εάν είναι αναγκαίο, το μέσο μελέτης και ερευνών που διαθέτει καθώς και αυτά που χρησιμοποιούνται για τον ποιοτικό έλεγχο.

θ) Η αναθέτουσα αρχή υποδεικνύει στην προκήρυξη ή στην πρόσκληση υποβολής προσφορών, ποιά στοιχεία επιθυμεί να της υποβληθούν προς απόδειξη των αναφερόμενων στην παράγραφο θ του παρόντος άρθρου.

10. Η έκταση των πληροφοριών που αναφέρονται στην παράγραφο θ του παρόντος άρθρου πρέπει να περιορίζεται στο αντικείμενο του διαγωνισμού, η αναθέτουσα αρχή που προκηρύσσει το διαγωνισμό οφείλει να λάβει υπόψη το έννομο συμφέρον του προμηθευτού όσον αφορά την προστασία των τεχνολογικών και εμπορικών σφαιρών της επιχείρησής του.

(11) Η αναθέτουσα αρχή δύναται να καλεί τους προμηθευτές να συμπληρώνουν τα υποβληθέντα δικαιολογητικά ή να παρέχουν σχετικά δικαιρινάσεις εντός των ορίων του παρόντος άρθρου.

12. Η αναθέτουσα αρχή οφείλει να αξιολογεί πλήρως την εμπιστευτική φύση κάθε πληροφορίας που παρέχεται από τους προμηθευτές.

13. Οι αναθέτουσες αρχές αποστέλλουν προσκλήσεις σε ειδικούς από τους προμηθευτές των άλλων κρατών - μελών οι οποίοι πληρούν τις απαιτούμενες προϋποθέσεις

υπό τους αυτούς όρους, που ισχύουν για τους Έλληνες υπήκοους προμηθευτές.

Άρθρο 15

Κριτήρια κατακύρωσης

1. Τα κριτήρια για την τελική επιλογή του προμηθευτή και την κατακύρωση της προμήθειας μπορεί να είναι είτε η χαμηλότερη μόνον τιμή, είτε η συμφερότερη προσφορά.

2. Στη διακήρυξη ή στην πρόσκληση για υποβολή προσφορών καθορίζεται υποχρεωτικά αν η κατακύρωση θα γίνει με βάση τη χαμηλότερη μόνον τιμή ή την συμφερότερη προσφορά. Στην περίπτωση της συμφερότερης προσφοράς, καθορίζονται κατά φθίνουσα σειρά σπουδαιότητας όπου αυτό είναι δυνατόν και τα στοιχεία με βάση τα οποία γίνεται η αξιολόγησή της.

3. Για την αξιολόγηση μιας προσφοράς ως συμφερότερης, λαμβάνονται υπόψη, κυρίως το παρακάτω κριτήριο:

α) η τιμή.

β) ο χρόνος παραδόσεως των προϊόντων.

γ) η ποιότητά τους με βάση τις τεχνικές προδιαγραφές της διακήρυξης.

δ) η τεχνική αξία και η αποδοτικότητα τους με βάση τις τεχνικές προδιαγραφές της διακήρυξης.

ε) το κόστος εγκαταστάσεως και λειτουργίας.

ς) η παρεχόμενη εγγύηση καλής λειτουργίας.

ζ) η εξυπηρέτηση μετά την πώληση και η τεχνική βοήθεια εκ μέρους του προμηθευτή.

η) τα λειτουργικά και ασθητικά χαρακτηριστικά του προϊόντος.

θ) η σχέση κόστους αποδοτικότητας ή και άλλα στοιχεία, ανάλογα με τη φύση των υπό προμήθεια προϊόντων ή και των ιδιαίτερων αναγκών της αναθέτουσας αρχής.

ι) οι όροι πληρωμής.

4. Εάν σε ορισμένο διαγωνισμό οι προσφορές είναι προφανώς υπερβολικά χαμηλές για τα προς προμήθεια προϊόντα, η αναθέτουσα αρχή εξετάζει τις λεπτομέρειες των προσφορών πριν αποφασίσει την κατακύρωση του διαγωνισμού. Για το σκοπό αυτό ζητεί από τον προσφέροντα να παράσχει εγγράφως τις αναγκαίες δικαιρινάσεις σχετικά με τον οικονομικό χαρακτήρα της διατεταμένης κατακύρωσης ή τις τεχνικές λύσεις που έχουν επιλεγεί ή τις εξαιρετικά ευνοϊκές συνθήκες που διαθέτει ο προσφέρων για την προμήθεια των προϊόντων ή την πρωτοτυπία των προτεινόμενων προμηθειών τις οποίες επαληθεύει πριν απορρίψει την προσφορά.

5. Εάν το έγγραφο το σχετικά με προκήρυξη του διαγωνισμού προβλέπει την κατακύρωση του διαγωνισμού με την χαμηλότερη μόνον τιμή, η αναθέτουσα αρχή πρέπει να γνωστοποιηθεί στην Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων την απόρριψη προσφορών τις οποίες θεωρεί υπερβολικά χαμηλές.

Άρθρο 16

Τεχνικές προδιαγραφές

1. Η έννοια των όρων που χρησιμοποιούνται παρακάτω περιλαμβάνονται στο Παράρτημα 3 του παρόντος Π.Δ.

2. Οι τεχνικές προδιαγραφές που καθορίζονται στην παράγραφο 1 του παρόντος άρθρου περιέχονται στη διακήρυξη της σύμβασης.

3. Οι τεχνικές προδιαγραφές που αναφέρονται στην παράγραφο 2 του παρόντος άρθρου ορίζονται από τις αναθέ-

τους αρχές με παραπομπή είτε στο ελληνικό πρότυπο που ισχύουν κατ' εφαρμογή των αντίστοιχων ευρωπαϊκών είτε σε ευρωπαϊκές τεχνικές εγκρίσεις είτε σε κοινές τεχνικές προδιαγραφές με την επιφύλαξη των εθνικών τεχνικών κανόνων αναγκαστικού δικαίου, στον βαθμό που οι κανόνες αυτοί συμβαδίζουν με το κοινοτικό δίκαιο.

4. Η αναθέτουσα αρχή μπορεί να παρασκήνιο από την αρχή της παραγράφου 3 του παρόντος άρθρου:

α) Εάν το πρότυπο, οι ευρωπαϊκές τεχνικές εγκρίσεις ή οι κοινές τεχνικές προδιαγραφές δεν περιλαμβάνουν καμία διάταξη ως προς τη διαπίστωση της καταλληλότητας ενός προϊόντος ή εάν δεν υπάρχουν τεχνικά μέσα προκειμένου να διαπιστωθεί με βεβαιωτικό τρόπο αν ένα προϊόν είναι σύμφωνο με τα εν λόγω πρότυπα ή εγκρίσεις ή κοινές τεχνικές προδιαγραφές.

β) Εάν τυχόν η εφαρμογή της παραγράφου 3 θίγει την εφαρμογή της Α/Υ.Α/1341/15956/12-8/31.10.88 Έγκριση συμφωνίας για ευρωπαϊκά τηλεπικοινωνιακά πρότυπα (NORMES EUROPEENNES DE TELECOMMUNICATIONS, NETS) για τις τελεματικές συσκευές (ΦΕΚ Β' 738), Β/Υ.Α 68851/16-5/10.8.88 «Αμοιβαία αναγνώριση των εγκρίσεων τύπου του Τηλεπικοινωνιακού Τελεματικού Εξοπλισμού» (ΦΕΚ Β' 735) και της Οδηγίας 81/263/ΕΟΚ (ΕΕ αριθμ. L 128 της 23.5.81, σελ. 1) ή της Οδηγίας 87/85/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 23ης Δεκεμβρίου 1986, σχετικά με την τυποποίηση στον τομέα της τεχνολογίας της πληροφορίας και των τηλεπικοινωνιών (ΕΕ αριθμ. L 36 της 7.2.87, σελ. 31) ή άλλων κοινοτικών κατευθύνσεων σε συσχετιζόμενους τομείς υπηρεσιών ή προϊόντων.

γ) Εάν η χρήση των εν λόγω προτύπων, ευρωπαϊκών τεχνικών εγκρίσεων ή κοινών τεχνικών προδιαγραφών υποχρεώνουν ενδεχομένως την αναθέτουσα αρχή να προμηθεύεται προϊόντα ή υλικά μη συμβατά για τις εν χρήσει εγκαταστάσεις της ή που συνεπάγονται δυσανάλογα έξοδα ή δυσανάλογες τεχνικές δυσκολίες, αλλά μόνο στα πλαίσια σφαιρής καθορισμένης στρατηγικής και με την προοπτική να υιοθετηθούν, σε ορισμένο χρονικό διάστημα ευρωπαϊκά πρότυπα, ευρωπαϊκές τεχνικές εγκρίσεις ή κοινές τεχνικές προδιαγραφές.

δ) Εάν το συγκεκριμένο σχέδιο αποτελεί πραγματική κοινοτομία και δεν είναι σκόπιμη η χρησιμοποίηση των υφιστάμενων ευρωπαϊκών προτύπων, ευρωπαϊκών τεχνικών εγκρίσεων ή κοινών τεχνικών προδιαγραφών.

5. Οι αναθέτουσες αρχές που προσφέρουν στην εφαρμογή της παραγράφου 4 αναφέρουν, εφόσον είναι δυνατόν, τους σχετικούς λόγους στην πρόσκληση υποβολής προσφορών που δημοσιεύεται στην Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων ή στην διακήρυξη και, σε κάθε περίπτωση, αναφέρουν τους λόγους αυτούς στα εσωτερικά τους έγγραφα και ενημερώνουν σχετικά τα κράτη - μέλη και την Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, εφόσον το ζητήσουν.

6. Εάν δεν υπάρχουν ευρωπαϊκά πρότυπα, ευρωπαϊκές τεχνικές εγκρίσεις ή κοινές τεχνικές προδιαγραφές, οι τεχνικές προδιαγραφές:

α) καθορίζονται με αναφορά στις ελληνικές τεχνικές προδιαγραφές που αναγνωρίζονται ως σύμφωνες προς τις βασικές απαιτήσεις που απαιτούνται στις Κοινοτικές Οδηγίες τεχνολογίας ενταξίσεως, σύμφωνα με τις διαδικασίες που προβλέπονται στις εν λόγω οδηγίες και, ειδικότερα, σύμφωνα με τις διαδικασίες που προβλέπονται στο Π.Δ. 834/84 «Πρόϊοντα Δομικών Κατασκευών» (ΦΕΚ

178Α') (Οδηγία 88/106/ΕΟΚ ΕΕ L40/89 σελ. 12).

β) μπορούν να καθορίζονται με αναφορά στις ελληνικές τεχνικές προδιαγραφές όσον αφορά το σχεδιασμό, τον υπολογισμό και την υλοποίηση των έργων και τη χρησιμοποίηση προϊόντων.

γ) μπορούν να καθορίζονται με αναφορά σε άλλα έγγραφα. Στην περίπτωση αυτή, είναι προτιμότερη η αναφορά κατά σειρά προτεραιότητας:

1) σε ελληνικά πρότυπα που ισχύουν κατ' εφαρμογή των αντίστοιχων διεθνών προτύπων τα οποία έχουν γίνει αποδεκτά στην Ελλάδα,

2) σε άλλα πρότυπα και ελληνικές τεχνικές εγκρίσεις,

3) σε οποιοδήποτε άλλο πρότυπο.

7. Εκτός των περιπτώσεων κατά τις οποίες οι προδιαγραφές δικαιολογούνται από το αντικείμενο της σύμβασης, απαγορεύεται η αναφορά, στους συμβατικούς όρους, τεχνικών προδιαγραφών οι οποίες αφορούν προϊόντα ορισμένης κατασκευής ή προελεύσεως ή ιδιαίτερες μεθόδους με αποτέλεσμα να ευνοούνται ή να αποκλείονται ορισμένοι προμηθευτές ή προϊόντα. Ειδικότερα, απαγορεύεται η αναφορά εμπορικών σημάτων, διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας, τύπων ή ορισμένης προελεύσεως ή παραγωγής πόδας τέτοιου αναφοράς, εφόσον συνοδεύεται από τους όρους ή «αντίστοιχο», επιτρέπεται όταν οι αναθέτουσες αρχές δεν έχουν τη δυνατότητα να προβούν σε περιγραφή του αντικείμενου της σύμβασης χρησιμοποιώντας προδιαγραφές επαρκώς σαφείς και πλήρεις κατανοητές για όλους τους ενδιαφερομένους.

Άρθρο 17

Στατιστικά στοιχεία

1. Οι αναθέτουσες αρχές υποβάλλουν στο Υπουργείο Εμπορίου στατιστικά στοιχεία με τις συναφείς από αυτές συμβάσεις:

α) όσον αφορά στις αναθέτουσες αρχές που αναρμόνιζονται στο Παράρτημα I του παρόντος Π.Δ., το αργότερο μέχρι 30 Ιουνίου κάθε έτους για το προηγούμενο έτος.

β) όσον αφορά στις υπόλοιπες αναθέτουσες αρχές, την 30 Ιουνίου κάθε δεύτερου έτους, για το προηγούμενο έτος.

Το Υπουργείο Εμπορίου κοινοποιεί στην Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων συγκεντρωτικό πίνακα των παραπάνω στατιστικών στοιχείων, αρχής γενομένης από 31 Οκτωβρίου 1986.

2. Στον πίνακα αυτόν προσδιορίζονται τουλάχιστον:

α) ο αριθμός και η αξία των συμβάσεων που συνήφθησαν από κάθε αναθέτουσα αρχή εφόσον υπερβαίνουν το κατώτατο όριο και στην περίπτωση των αναθετουσών αρχών που αναφέρονται στο Παράρτημα I του παρόντος Π.Δ., η αξία κάθε του κατώτατου ορίου,

β) ο αριθμός και η αξία των συμβάσεων που συνήφθησαν από κάθε αναθέτουσα αρχή όλης του κατακόρου ορίου, κατά διαδικασία, προϊόν και εθνικότητα του προμηθευτή στον οποίον κατακυρώθηκε η προμήθεια και στις περιπτώσεις των διαδικασιών με διαπραγματεύσεις, προσδιορίζονται ο αριθμός και η αξία των συμβάσεων που υπογράφησαν με προμηθευτές από κάθε κράτος που έχει υπογράψει τη συμφωνία GATT σχετικά με τις συμβάσεις προμηθειών.

Άρθρο 18

Υποχρεώσεις αναθετούσων αρχών υπογομμένων στην συμφωνία ΓΑΤΤ, σχετικά με τις συμβάσεις κρατικών προμηθειών

Κατά τις διαδικασίες για τη σύνταξη συμβάσεων κρατικών προμηθειών από τις αναθέτουσες αρχές που αναφέρονται στο Παράρτημα Ι του παρόντος Π.Δ., εφαρμόζονται, στις σχέσεις με τα λοιπά κράτη - μέλη, όροι εξίσου ευνοϊκοί με τους όρους που επιφυλάσσονται στις τρίτες χώρες κατ' εφαρμογή της συμφωνίας ΓΑΤΤ και ιδίως τους όρους των άρθρων V και VI σχετικά με την κλειστή διαδικασία, την πληροφόρηση και την εξέταση.

Άρθρο 19

Τελικές διατάξεις

1. Κάθε διάταξη που είναι αντίθετη με τις διατάξεις του παρόντος Π.Δ. ή ρυθμίζει το θέμα αυτό με άλλον τρόπο καταργείται.
2. Με κοινές αποφάσεις των Υπουργών Βιομηχανίας - Ενέργειας - Τεχνολογίας και Εμπορίου δύνανται να ρυθμίζονται κάθε θέμα που αναφέρεται σε διαδικαστικές λεπτομέρειες, αναγκαίες για την εφαρμογή των διατάξεων του προεδρικού αυτού διατάγματος.
3. Προσαρτώνται και αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του παρόντος Π.Δ. τα Παραρτήματα Ι, ΙΙ, ΙΙΙ και ΙV τα οποία έχουν ως ακολούθως:

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΩΝ ΑΡΧΩΝ ΠΟΥ ΥΠΟΚΕΙΝΤΑΙ ΣΤΗ ΣΥΜΦΩΝΙΑ ΓΑΤΤ ΜΕ ΤΙΣ ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ ΚΡΑΤΙΚΩΝ ΠΡΟΜΗΘΕΙΩΝ.

1. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
2. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
3. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΜΠΟΡΙΟΥ
4. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ - ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ - ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
5. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΜΠΟΡΙΟΥ ΚΑΙ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ
6. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΡΟΕΔΡΙΑΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ
7. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΓΓΛΟΥ
8. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ
9. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΔΙΚΑΙΟΣΥΝΗΣ
10. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ
11. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ
12. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΟΛΙΤΕΥΜΟΥ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
13. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ - ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ
14. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ
15. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
16. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΓΕΙΑΣ - ΠΡΟΝΟΙΑΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΑΣΦΑΛΙΣΕΩΝ
17. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ - ΘΡΑΚΙΑΣ
18. ΓΕΝΙΚΟ ΕΠΙΤΕΛΕΙΟ ΣΤΡΑΤΟΥ (1)
19. ΓΕΝΙΚΟ ΕΠΙΤΕΛΕΙΟ ΝΑΥΤΙΚΟΥ (1)
20. ΓΕΝΙΚΟ ΕΠΙΤΕΛΕΙΟ ΑΕΡΟΠΟΡΙΑΣ (1)
21. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ
22. ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΤΥΠΟΥ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ
23. ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΝΕΑΣ ΓΕΝΙΑΣ
24. ΓΕΝΙΚΟ ΧΩΜΕΟ ΤΟΥ ΚΡΑΤΟΥΣ
25. ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΛΑΪΚΗΣ ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗΣ

26. ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΙΣΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΔΥΟ ΦΥΛΩΝ

27. ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΑΣΦΑΛΙΣΕΩΝ

28. ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΑΠΟΔΗΜΟΥ ΕΛΛΗΝΙΣΜΟΥ

29. ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

30. ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

31. ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

32. ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

33. ΕΘΝΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ

34. ΕΘΝΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

35. ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΤΙΚΩΝ ΕΣΤΙΑΣ

36. ΕΘΝΙΚΟ ΤΥΠΟΓΡΑΦΕΙΟ

37. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

38. ΤΑΜΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΟΔΟΠΟΙΑΣ

39. ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

40. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

41. ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

42. ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΤΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΙΑΣ

43. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥΠΟΛΕΩΣ

44. ΠΑΝΤΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

45. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

46. ΣΙΒΙΤΑΝΙΔΕΩΣ ΣΧΟΛΗ

47. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ (ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ)

48. ΑΙΓΙΝΗΤΕΙΟ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ

49. ΑΡΕΤΑΙΕΩ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ

50. ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΔΙΟΚΗΣΗΣ

51. ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΤΑΧΥΔΡΟΜΕΙΑ

52. ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΔΗΜΟΣΙΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

53. ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΑΣΦΑΛΙΣΕΩΝ

54. ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

(1) ΥΛΙΚΟ ΓΙΑ ΜΗ ΣΤΡΑΤΩΤΙΚΟΥΣ ΣΚΟΠΟΥΣ ΠΟΥ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΕΤΑΙ ΣΤΟ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β.

Στο άρθρο 19.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΠΟΥ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΑΡΘΡΟ 2 ΚΑΙ ΠΟΥ ΑΝΑΦΕΡΟΝΤΑΙ ΣΤΙΣ ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ ΠΟΥ ΣΥΝΑΠΤΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΙΣ ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΑΜΥΝΑΣ.

Κεφάλαιον 25

Άλλος, βελόν, γόβα και λίκρι, γόφρος, όφρεστος και τομή-για.

Κεφάλαιον 26

Μεταλλεύματα μεταλλουργίας, σκυρίας και τέφρας.

Κεφάλαιον 27

Ορυκτά καύσιμα, ορυκτά έλαια και προϊόντα της αποστάξεως αυτών, ασφαλιτέδες άλλα, ιγροί ορυκτοί, εξαέρ-οι των: εκ 27.10: Ειδικά καύσιμα.

Κεφάλαιον 28

Ανόργανα χημικά προϊόντα. Ενώσεις ανόργανοι ή οργανο-υκά των πολυτίμων μετάλλων, των ραδιενεργών στοι-χείων, των μετάλλων των σπάνιων γαιών και των ισοτόπων, εξαέρ-οι των: