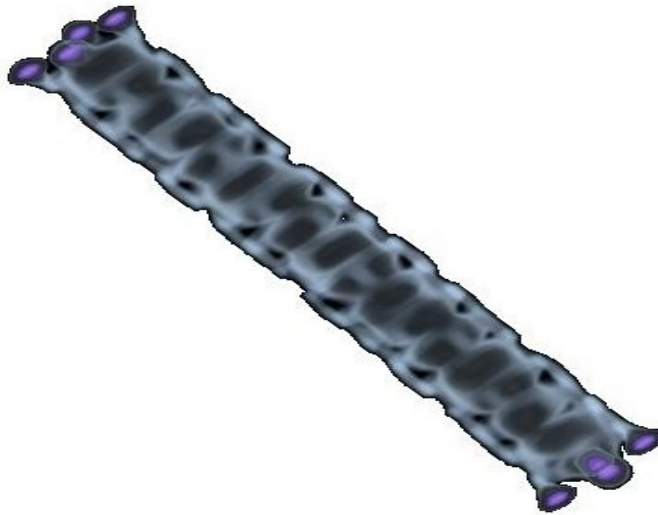




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

*Απεικόνιση των ιατρικών stent με αξονικό τομογράφο και μελέτη
των εφελκυστικών τους ιδιοτήτων*



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΧΡΗΣΤΟΣ ΖΟΥΤΗΣ

Αθήνα, Μάρτιος 2013
Επιβλέποντες: Ρ.Βλαστού, Θ. Παπαδοπούλου

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....

Ευχαριστίες.....

1. Κεφάλαιο 1 -Εισαγωγή.....	5
1.1 Καρδιά.....	5
1.2 Αγγεία.....	22
1.3 Στεφανιαία νόσος.....	25
1.4 Αιφνίδιος καρδιακός θάνατος.....	32
1.5 Στεφανιογραφία.....	34
1.6 Αξονική καρδιάς.....	37
1.7 Αγγειοπλαστική.....	39
2. Κεφάλαιο 2-Απεικόνιση stent με χρήση αξονικού τομογράφου.....	43
2.1 Γενικά.....	43
2.2 Αρχές λειτουργίας.....	46
2.3 Ανακατασκευή εικόνας.....	57
2.4 Αλληλεπίδραση ακτίνων Χ με την ύλη.....	59
2.5 Σφάλματα.....	62
2.6 Απεικόνιση stent με CT scan.....	69
3. Κεφάλαιο 3- Μελέτη εφελκυστικών ιδιοτήτων.....	78
4. Κεφάλαιο 4-Συμπεράσματα.....	81

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Απεικόνιση των ιατρικών stent με αξονικό τομογράφο και μελέτη των εφελκυστικών τους ιδιοτήτων

Ζούτης Χρήστος
Επιβλέποντες: Ρ.Βλαστού, Θ. Παπαδοπούλου

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκαν η απεικόνιση των ιατρικών stent με τη βοήθεια αξονικού τομογράφου καθώς και οι εφελκυστικές τους ιδιότητες. Στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας της καρδιάς, των αγγείων και η σύσταση αίματος. Ακόμα αναλύονται η στεφανιαία νόσος καθώς και ο αιφνίδιος καρδιακός θάνατος. Παράλληλα παρουσιάζεται συνοπτικά η στεφανιογραφία και η αξονική τομογραφία της καρδιάς που είναι διαδικασίες που υποστηρίζουν την αγγειοπλαστική. Επίσης γίνεται ανάλυση της εισαγωγής stent (αγγειοπλαστική) στους ασθενείς. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται εις βάθος η τεχνολογία της αξονικής τομογραφίας με σκοπό την παρουσίαση των εικόνων των stent μας. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το πείραμα με το οποίο έγινε προσπάθεια μέτρησης των μηχανικών ιδιοτήτων των stent. Επιπλέον γίνεται και η ανάλυση της κατασκευαστικής προσθήκης που σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε από τους φοιτητές (Χρήστο Ζούτη και Φάνη Αντωνίου) προκειμένου να διεξαχθεί το πείραμα. Στο τέταρτο κεφάλαιο συνοψίζονται τα συμπεράσματα των πειραματικών μας δεδομένων.

Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την καθηγητριά μου , κυρία Θεοδώρα Παπαδοπούλου για την καθοδήγηση και επίβλεψη της διπλωματικής μου εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου ,κυρία Ρόζα Ζ. Βλαστού καθώς και τον κύριο Σταύρο Κουρκουλή και τους επιστημονικούς του συνεργάτες για την πολύτιμη βοήθεια που μας παρείχαν με τα πειράματα αντοχής των stent. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Κωνσταντίνο Ζούτη για την κατασκευαστική του προσθήκη στα stent προκειμένου να καταστούν δυνατά τα πειράματα. Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια μου στο μάθημα Ιατρική Φυσική της σχολής μας ,κυρία Μυρσίνη Μακροπούλου . Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γιατρούς κύριο Β.Ψαθά και κύριο Μαγγίνα για την πολύτιμη βοήθεια τους και την ευκαιρία που μας έδωσαν να παρακολουθήσουμε εγχείρηση εισαγωγής stent σε ασθενή. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον αγαπητό μου φίλο και συνεργάτη Αντωνίου Φάνη για την άψογη συνεργασία.

NATIONAL TECHNICAL UNIVERSISTY OF ATHENS

SCHOOL OF APPLIED MATHEMATICAL AND PHYSICAL SCIENCES

THESIS

Coronary stent computed tomography imaging and study of their
load properties

Zoutis Christos

Supervisors: R.Vlastou, Th.Papadopoulou

Abstract

In this thesis ,we investigated the computed tomography imaging of two stents of the company ev3 and measured the mechanical strength of one specimen in uniaxial tensile testing.

The first chapter contains an introduction of the principles of heart's operation , vascular and blood constitution. There is also quoted atherosclerosis and sudden death accidents. Moreover there is indicated the use of coronary and heart computed tomography imaging ,as procedure that supplement angioplasty. Furthermore there is an analysis of stenting surgery.

The second chapter computed tomography is analysed particularly,in order to illustrate the pictures of the stents.

The third chapter contains the presentation of our try to measure the stent mechanical properties. There is also a quote about a construction on the stent which was constructed by students (Christos Zoutis and Antoniou Fanis), in order to achieve the stress test.

The fourth chapter is a conclusion of our experimental work.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

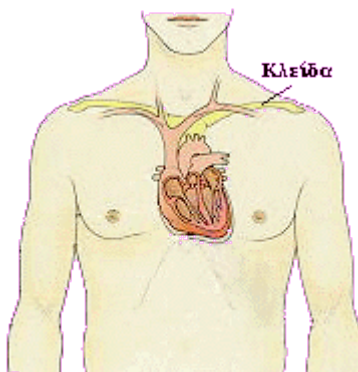
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΚΑΡΔΙΑ

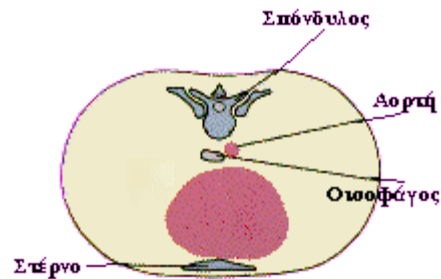
Γενικά Χαρακτηριστικά

Θέση-Σχήμα

Η καρδιά, είναι το κεντρικό όργανο της κυκλοφορίας. Είναι ένα κοίλο μυώδες όργανο, που δέχεται το αίμα που προέρχεται από τις φλέβες και το ωθεί προς τις αρτηρίες. Η καρδιά βρίσκεται μέσα στη θωρακική κοιλότητα ανάμεσα στους δύο πνεύμονες. Το σχήμα της καρδιάς παρομοιάζει με το σχήμα κώνου ή αλλιώς ανεστραμμένης πυραμίδας με την κορυφή προς τα κάτω και αριστερά και την βάση της προς τα πάνω. Βρίσκεται τοποθετημένη στο μεσοθωράκιο όπου επικάθεται στο διάφραγμα ευρισκόμενη κατά τα 2/3 αριστερά της μέσης γραμμής του ανθρώπινου σώματος και κατά το 1/3 δεξιά. Επιπλέον βρίσκεται πίσω από το σώμα του στέρνου και τους πλευρικούς χόνδρους των 3ης- 6ης πλευράς. Όσο αφορά το πίσω μέρος αντιστοιχεί στους 6ο-9ο θωρακικούς σπονδύλους. Η βάση της καρδιάς αντιστοιχεί στο επίπεδο των τρίτων στερνοchonδρικών διαρθρώσεων. Η κορυφή της καρδιάς αντιστοιχεί στην θέση της καρδιακής ώσης δηλαδή στο 5ο αριστερό μεσοπλευρίο διάστημα επί της μεσοκλειδικής γραμμής.



Εικόνα 1.1.1:Θέση καρδιάς (Πηγή :incardiology.gr)



Εικόνα 1.1.2:Θέση καρδιάς-οβελιαίος άξονας (Πηγή :

Περιβάλλεται από ένα υμένα από δύο φύλλα, το περικάρδιο, ενώ οι εσωτερικές της κοιλότητες καλύπτονται από μια λεπτή μεμβράνη, το ενδοκάρδιο. Ανάμεσα στο περικάρδιο και ενδοκάρδιο βρίσκεται το παχύτερο τοίχωμα της καρδιάς που ονομάζεται μυοκάρδιο και αποτελείται από δυνατές μυϊκές ίνες. Το χρώμα της καρδιάς είναι βαθύ ερυθρό, αλλά η ομοιομορφία του χρώματος διακόπτεται από κίτρινες ραβδώσεις οι οποίες οφείλονται στη συσσώρευση λίπους.

Ο όγκος της καρδιάς ποικίλλει στα διάφορα άτομα. Οι διαστάσεις της στον ενήλικα είναι κατά μέσον όρο οι εξής:

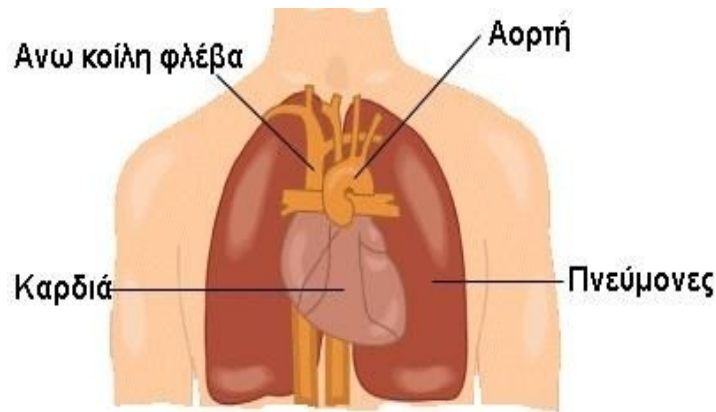
Μήκος: 98 χιλιοστά.

Πλάτος: 105 χιλιοστά.

Περιφέρεια: 230 χιλιοστά.

Το βάρος της φθάνει τα 275 περίπου γραμμάρια.

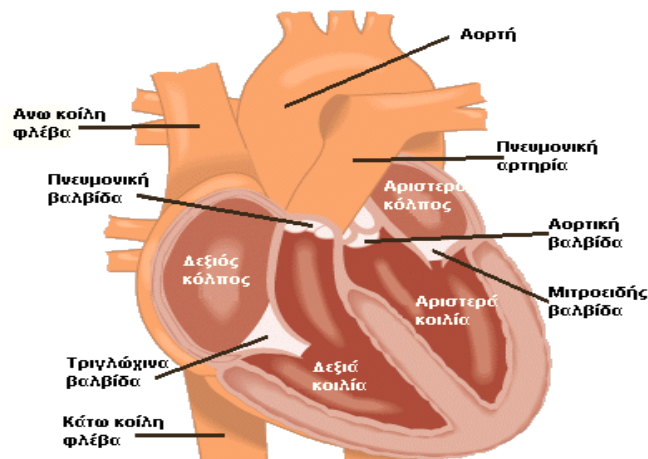
Η καρδιά της γυναίκας έχει διαστάσεις μικρότερες από του άνδρα κατά 5-10 χιλιοστά και ζυγίζει 5-10 γραμμάρια λιγότερο.



Εικόνα 1.1.3:Θέση καρδιάς (Πηγή :incardiology.gr)

Έργο Καρδιάς

Η καρδιά λειτουργεί σαν μια αντλία παίρνοντας οξυγονωμένο αίμα από τους πνεύμονες και εξωθώντας το προς την αορτή για να κυκλοφορήσει σε όλο το σώμα. Από τις 4 κοιλότητες της καρδιάς σπουδαιότερη είναι αριστερή κοιλία. Θα μπορούσε να πει κανείς με κάποια υπερβολή ότι ουσιαστικά το καρδιακό έργο είναι υπόθεση της αριστερής κοιλίας. Και τούτο διότι η μεγάλη ωστική δύναμη που χρειάζεται για να κυκλοφορήσει το αίμα στο υψηλών αντιστάσεων περιφερικό αρτηριακό δίκτυο μέχρι τα τριχοειδή και να επιστρέψει πάλι, μέσω των φλεβών, στο δεξιό κόλπο γίνεται από την αριστερή κοιλία. Το αίμα εξωθείται στην αορτή με σημαντική πίεση, 100-140 mmHg, όση δηλαδή είναι η συστολική πίεση της αριστερής κοιλίας και της αορτής. Η αρτηριακή συστολική πίεση του σφυγμικού κύματος είναι μικρότερη όσο τούτο απομακρύνεται από την καρδιά, κατέρχεται στα 25-30 mmHg στα τριχοειδή, είναι μικρότερη στο φλεβικό σκέλος της κυκλοφορίας και ελαχιστοποιείται, περίπου μηδενίζεται, στο δεξιό κόλπο. Απ' εκεί το αίμα παραλαμβάνεται από τη δεξιά κοιλία, η οποία συγκριτικά με την αριστερή κοιλία έχει μικρό έργο να επιτελέσει. Με σχετικά μικρή συστολική πίεση 15-30 mmHg, η δεξιά κοιλία εξωθεί το αίμα προς την πνευμονική αρτηρία και η πίεση αυτή είναι αρκετή για να κυκλοφορήσει τούτο το χαμηλών αντιστάσεων αγγειακό δίκτυο των πνευμόνων και να φθάσει με πολύ χαμηλή πίεση 4-12 mmHg στον αριστερό κόλπο.



Εικόνα 1.1.4:Μέρη από τα οποία αποτελείται η καρδιά (Πηγή : incardiology.gr)

Κοιλότητες Καρδιάς

Εσωτερικά η καρδιά διαιρείται σε δύο τμήματα, ένα δεξιό και ένα αριστερό, τα οποία χωρίζονται μεταξύ τους με ένα μύθος διάφραγμα που ονομάζεται μεσοκοιλιακό διάφραγμα.

Καθένα από τα τμήματα αυτά αποτελείται από δύο κοιλότητες: την επάνω, που λέγεται κόλπος και την κάτω, που λέγεται κοιλία. Ο κόλπος και η κοιλία συγκοινωνούν μεταξύ τους με το λεγόμενο κολποκοιλιακό στόμιο. Η καρδιά λοιπόν χωρίζεται σε τέσσερις κοιλότητες:

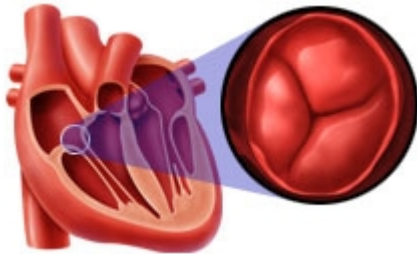
τον αριστερό κόλπο και την αριστερά κοιλία, τον δεξιό κόλπο και τη δεξιά κοιλία.

Ενώ ο κόλπος και η κοιλία της ίδιας πλευράς επικοινωνούν μεταξύ τους, δεν υπάρχει καμιά επικοινωνία με τις κοιλότητες της άλλης πλευράς δηλαδή το αίμα του αριστερού τμήματος της καρδιάς δεν αναμιγνύεται με το αίμα του δεξιού τμήματος.

Ξεχωριστά οι τέσσερις κοιλότητες της καρδιάς έχουν ως εξής.

Δεξιός κόλπος

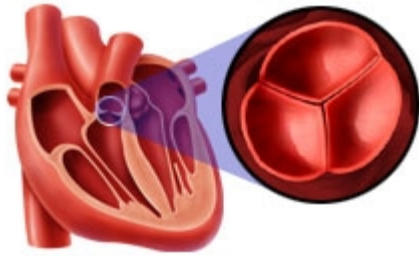
Ο δεξιός κόλπος δέχεται την κάτω κοίλη φλέβα που μεταφέρει στη καρδιά το αίμα από το κεφάλι και τα άνω άκρα, καθώς και την κάτω κοίλη φλέβα, που μεταφέρει το αίμα από το κάτω τμήμα του σώματος. Ο δεξιός κόλπος συγκοινωνεί με τη δεξιά κοιλία μέσω του δεξιού κολποκοιλιακού στομίου. Στο σημείο αυτό υπάρχει η δεξιά κολποκοιλιακή βαλβίδα που ονομάζεται και τριγλώχινα επειδή αποτελείται από τρία τριγωνικά βαλβιδικά τμήματα (γλωχίνες). Η λειτουργία της βαλβίδας είναι να επιτρέπει τη δίοδο του αίματος από τον κόλπο στην κοιλία και να εμποδίζει την επαναφορά του αίματος από την κοιλία στον κόλπο.



Εικόνα 1.1.5:Τριγλώχινα βαλβίδα(Πηγή : incardiology.gr)

Δεξιά κοιλία

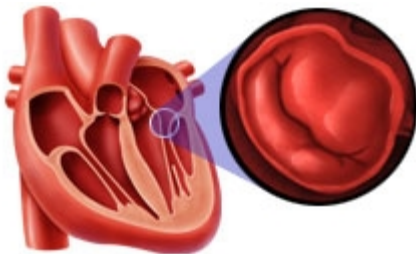
Η δεξιά κοιλία δέχεται το αίμα από τον δεξιό κόλπο μέσω τριγλώχινος βαλβίδας. Από την δεξιά κοιλία αρχίζει η πνευμονική αρτηρία η οποία μεταφέρει το αίμα στους πνεύμονες. Η δεξιά κοιλία και η πνευμονική αρτηρία επικοινωνούν μέσω της πνευμονικής βαλβίδας η οποία εμποδίζει το αίμα να επιστρέψει από την πνευμονική αρτηρία στην δεξιά κοιλία. Το πάχος της κοιλίας είναι περί τα 3mm.



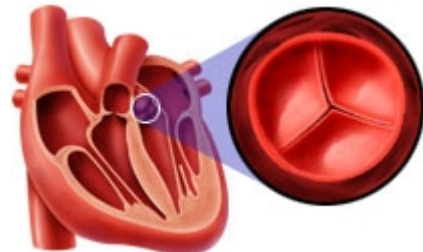
Εικόνα 1.1.6:πνευμονική βαλβίδα(Πηγή : incardiology.gr)

Αριστερός κόλπος

Ο αριστερός κόλπος δέχεται το αίμα από τις τέσσαρις πνευμονικές φλέβες και επικοινωνεί με την αριστερά κοιλία μέσω του αριστερού κολποκοιλιακού στομίου. Και στο σημείο αυτό υπάρχει μια βαλβίδα, ή μιτροειδής βαλβίδα όπως ονομάζεται, που αποτελείται από δύο μόνο τριγωνικά βαλβιδικά τμήματα. Η βαλβίδα αυτή λέγεται μιτροειδής επειδή έχει σχήμα επισκοπικής ανεστραμμένης μίτρας.



α)Μιτροειδής βαλβίδα

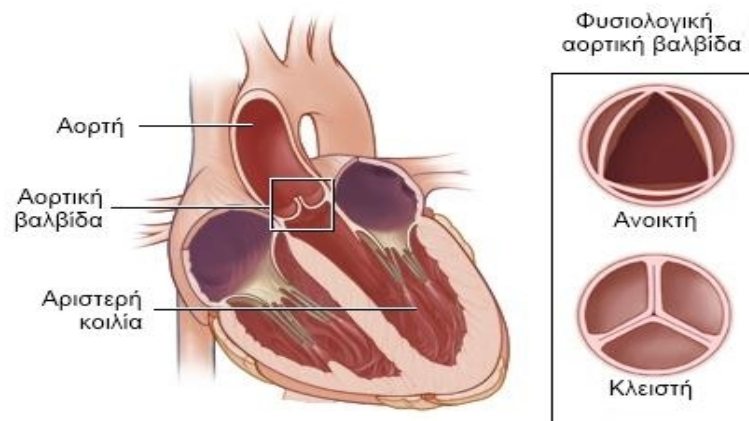


β)Αορτική βαλβίδα

Εικόνα 1.1.7:α)Μιτροειδής βαλβίδα , β)Αορτική βαλβίδα (Πηγή : incardiology.gr)

Αριστερή κοιλία

Η αριστερή κοιλία δέχεται το αίμα από τον αριστερό κόλπο μέσω της μιτροειδούς βαλβίδας. Από την αριστερά κοιλία αρχίζει η μεγαλύτερη αρτηρία του ανθρώπινου οργανισμού, η αορτή. Το στόμιο της αορτής κλείνει και αυτό όπως και της πνευμονικής με μια βαλβίδα, που ονομάζεται αορτική βαλβίδα και επιτελεί την ίδια λειτουργία με την βαλβίδα της πνευμονικής αρτηρίας, δηλ. Εμποδίζει την επιστροφή του αίματος από την αορτή στην κοιλία.Το πάχος της κοιλίας είναι περί τα 9-10mm.



Εικόνα 1.1.8:Οι τέσσερις βαλβίδες της καρδιάς (Πηγή : incardiology.gr)

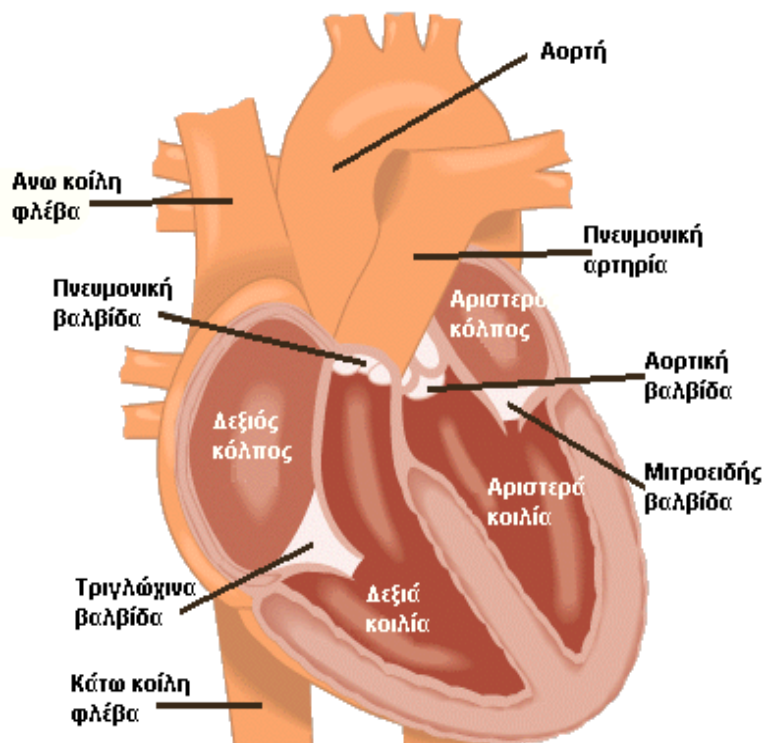
Τοιχώματα Καρδιάς

Η καρδιά αποτελείται από μυϊκό ιστό, με ειδικό γνώρισμα τις γραμμωτές μυϊκές ίνες. Οι γραμμωτές μυϊκές ίνες χαρακτηρίζουν τους μύες που εξαρτώνται από τη θέλησή μας. Οι μύες των χεριών και των ποδιών λόγω χάρη, τους οποίους ο άνθρωπος κινεί σύμφωνα με την επιθυμία του είναι γραμμωτοί. Οι μύες που δεν υπόκεινται στη θέλησή μας (όπως λ.χ. εκείνοι των σπλάχνων) είναι λείοι. Ο καρδιακός μυς, λοιπόν, αποτελεί εξαίρεση γιατί παρόλο που η λειτουργία του δεν εξαρτάται από τη θέλησή μας, αποτελείται ωστόσο από γραμμωτές μυϊκές ίνες. Ένα άλλο χαρακτηριστικό του καρδιακού μυός είναι ότι αποτελείται από πολλές συνενωμένες μυϊκές ίνες. Έτσι δημιουργείται ή εντύπωση ότι η καρδιά είναι ένας μοναδικός μυς και όχι ένα σύνολο από ανεξάρτητες μυϊκές ίνες, όπως συμβαίνει σε όλους τους μύς. Ο καρδιακός μυς ονομάζεται μυοκάρδιο. Μέσα στο μυοκάρδιο βρίσκονται τέσσερις ινώδεις δακτύλιοι, που αποτελούν τον ινώδη σκελετό της καρδιάς. Όπως έχουμε αναφέρει, ο καρδιακός μυς περιβάλλεται από ένα ινώδη θύλακο, που λέγεται περικάρδιο και που δεν εφάπτεται σταθερά στο μυοκάρδιο. Το περικάρδιο αποτελείται από δύο πέταλα το περισπλάγχνιο, που εφάπτεται στο μυοκάρδιο και το περίτονο, που καλύπτει εξωτερικά το προηγούμενο πέταλο. Ανάμεσα στα δυο πέταλα του περικαρδίου υπάρχει ένας χώρος, η περικαρδιακή κοιλότητα. Η κοιλότητα του περικαρδίου επιτρέπει στο μυοκάρδιο να διαστέλλεται και να συστέλλεται ελεύθερα. Οι καρδιακές κοιλότητες καλύπτονται και αυτές από μία μεμβράνη, το ενδοκάρδιο. Το ενδοκάρδιο αναδιπλώνεται ανάμεσα στον κόλπο και την κοιλία και σχηματίζει τις κολποκοιλιακές βαλβίδες. Κατά τον ίδιο τρόπο ανάμεσα στις κοιλίες και τις αρτηρίες (πνευμονική και αορτή) το ενδοκάρδιο αναδιπλώνεται και πάλι για να σχηματίσει τις μηννοειδείς βαλβίδες.

Καρδιά Ως Αντλία

Περίληψη Κυκλοφορίας του Αίματος

Το φλεβικό αίμα, που παραλαμβάνει τις άχρηστες ουσίες από τα κύτταρα του ανθρώπινου οργανισμού συγκεντρώνεται στην κάτω κοίλη φλέβα και την άνω κοίλη φλέβα οι οποίες εκβάλλουν χωριστά ή καθεμιά στο δεξιό κόλπο. Από τον δεξιό κόλπο το αίμα περνά στη δεξιά κοιλία και από κει στην πνευμονική αρτηρία ή οποία και το μεταφέρει στους πνεύμονες. Εδώ το αίμα αποβάλλει το διοξείδιο του άνθρακος και πλουτίζεται με οξυγόνο. Έτσι από φλεβικό γίνεται αρτηριακό, και μέσω των πνευμονικών φλεβών επιστρέφει στον αριστερό κόλπο και κατεβαίνει στην αριστερά κοιλία. Στη συνέχεια, μέσω της αορτής, μεταφέρεται σε ολόκληρο το σώμα αφήνοντας το οξυγόνο και τις θρεπτικές ουσίες και παραλαμβάνοντας τα άχρηστα προϊόντα και το διοξείδιο του άνθρακος. Έπειτα το αίμα επιστρέφει σαν φλεβικό στις φλέβες και συγκεντρώνεται τελικά στην άνω και την κάτω κοίλη φλέβα. Και ο κύκλος αρχίζει και πάλι.



Εικόνα 1.1.9:Μέρη από τα οποία αποτελείται η καρδιά (Πηγή : incardiology.gr)

Αγωγή των διεγέρσεων

Για να λειτουργήσει η καρδιά ως αντλία, απαιτείται η ενεργοποίηση της συστολής των κόλπων και των κοιλιών σε τακτά χρονικά διαστήματα. Η διέγερση δημιουργείται στο φλεβόκομβο ή βηματοδότη της καρδιάς και διαχέεται κατά την εξής σειρά:

- ▲ Στο μυϊκό τοίχωμα του δεξιού και αριστερού κόλπου
- ▲ Στον κολποκοιλιακό κόμβο
- ▲ Στο δεμάτιο του His
- ▲ Στα δύο σκέλη του δεματίου: το δεξιό και το αριστερό σκέλος
- ▲ Στις ίνες του Purkinje, και
- ▲ Στο μυοκάρδιο

Κύκλος Λειτουργίας της Καρδιάς

Η καρδιά χαρακτηρίζεται ως υδραυλική αντλία που η λειτουργία της περιλαμβάνει κυκλικές εναλλαγές πίεσης και όγκου. Κάθε κύκλος λειτουργίας της καρδιάς ολοκληρώνεται σε 5 φάσεις.

Φάση 1η: Παθητική πλήρωση

Όλα τα μέρη του καρδιακού μυός βρίσκονται σε χάλαση. Η κολποκοιλιακή βαλβίδα είναι ανοιχτή ενώ ο αριστερός κόλπος και η αριστερή κοιλία γεμίζουν με αίμα από τις πνευμονικές φλέβες. Οι πιέσεις μέσα στον κόλπο και την κοιλία είναι ίδιες με την κεντρική φλεβική πίεση. Η πίεση μέσα στην αορτή είναι κατά πολύ υψηλότερη από εκείνη της αριστερής κοιλίας, έτσι ώστε η αορτική βαλβίδα είναι κλειστή. Η πίεση μέσα στην αορτή μειώνεται καθώς το αίμα, που είχε εξωθηθεί κατά τον προηγούμενο καρδιακό κύκλο, μετακινείται προς τα μικρότερα αγγεία της συστηματικής κυκλοφορίας.

Φάση 2η: Συστολή των κόλπων

Η συστολή του κόλπου συμβάλλει στην πλήρωση της αριστερής κοιλίας με ποσοστό 20% του συνολικού όγκου αίματος που εισέρχεται παθητικά στην αριστερή κοιλία κατά τη διαστολή και αυξάνοντας κατά πολλά mmHg την πίεση του αίματος μέσα στην κοιλία στην τελοδιαστολή. Διατεινόμενη έτσι η αριστερά κοιλία στιγμιαία, μπορεί να επιτελέσει μεγαλύτερο έργο, βάσει του νόμου του Starling. Το έργο της συστολής αυξάνει με τη διάταση κατά τη διαστολή. Ισοδύναμες έννοιες προς το έργο είναι η αναπτυσσόμενη αρτηριακή πίεση και ο όγκος παλμού. Ισοδύναμες έννοιες προς τη διαστολική διάταση είναι η διάμετρος ή ο όγκος ή η πίεση κατά την τελοδιαστολή. Η καθυστερημένη αγωγή του δυναμικού ενέργειας μέσω του κολποκοιλιακού κόμβου επιτρέπει ώστε η ολοκλήρωση της κολπικής συστολής να γίνει προτού ενεργοποιηθεί η αριστερή κοιλία.

Φάση 3η: Διέγερση και ισομετρική συστολή της κοιλίας

Το δυναμικό ενέργειας αφού διέλθει τον κολποκοιλιακό κόμβο μεταφέρεται ταχέως, μέσω του κολποκοιλιακού δεματίου (δεμάτιο του His) και των δύο σκελών του, στις ίνες του Purkinje. Οι τελευταίες διαχέουν το δυναμικό ενέργειας σε ολόκληρο το τοίχωμα των κοιλιών, από την κορυφή της καρδιάς προς τους κόλπους. Η εκπόλωση της κοιλίας δημιουργεί το σύμπλεγμα QRS στο ΗΚΓ. Στο διάστημα μεταξύ του συμπλέγματος QRS και του επάρματος T όλα τα κύτταρα του κοιλιακού μυοκαρδίου βρίσκονται στη φάση «οροπεδίου» («Plateau»), σε ότι αφορά το δυναμικό ενέργειας. Η διέγερση της κοιλίας ακολουθείται μέσα σε λίγα χιλιοστά του

δευτερολέπτου, από την ανάπτυξη δύναμης ορισμένης μυϊκής ισχύος. Η επακόλουθη αύξηση της πίεσης μέσα στην κοιλία προκαλεί κλείσιμο των κολποκοιλιακών βαλβίδων και τον πρώτο καρδιακό τόνο. Πρώτα κλείνει η μιτροειδής και μετά η τριγλώχινα βαλβίδα. Μετά το κλείσιμο των κολποκοιλιακών βαλβίδων, η κοιλία μετατρέπεται σε κλειστό θάλαμο, η πίεση μέσα στην κοιλία συνεχίζει να αυξάνει, ενώ η πίεση στην αορτή πέφτει ακόμα σιγά-σιγά μέχρι το ελάχιστο της διαστολικής της τιμής.

Φάση 4η: Εξώθηση

Όταν η πίεση στην κοιλία υπερβεί την αορτική (διαστολική) πίεση ανοίγουν οι αορτικές βαλβίδες, και το αίμα εξωθείται προς την αορτή, όπως φαίνεται από την ταχεία πτώση του όγκου της αριστερής κοιλίας και την αύξηση της πίεσης στην αορτή στη συστολική τιμή. Μεγάλο μέρος της ενέργειας που μεταφέρεται στο αίμα από την κοιλιακή συστολή αποταμιεύεται στο ελαστικό τοίχωμα της αορτής και των μεγάλων κλάδων της. Η αποταμιευόμενη ενέργεια εκλύεται κατά τη διαστολή, συγκρατώντας την αρτηριακή διαστολική πίεση υψηλή και διατηρώντας την αιματική ροή από την αορτή προς τους αρτηριακούς κλάδους καθ' όν χρόνο η καρδιά δεν εξωθεί αίμα.

Φάση 5η: Ισομετρική χάλαση

Το κλείσιμο της αορτικής (και στη συνέχεια της πνευμονικής) βαλβίδας σημαίνει το τέλος της φάσης εξώθησης και την έναρξη της ισομετρικής χάλασης. Το κλείσιμο της αορτικής βαλβίδας ακούεται κατά την ακρόαση της καρδιάς ως δεύτερος καρδιακός τόνος. Κατά τη φάση της ισομετρικής χάλασης η πίεση στην κοιλία πέφτει κάτω από εκείνη της αορτής αλλά διατηρείται πάνω από την πίεση του κόλπου. Οι δύο βαλβίδες είναι τώρα κλειστές και το αίμα ούτε εισέρχεται αλλά ούτε εξέρχεται από την κοιλία. Τη στιγμή αυτή αρχίζει η επαναπόλωση του μυοκαρδίου μετά το πέρας του επάρματος T στο ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ). Καθώς το κοιλιακό μυοκάρδιο συνεχίζει να χαλαρώνει, η πίεση στην κοιλία πέφτει κάτω από εκείνη του κόλπου. Στο σημείο αυτό, η κολποκοιλιακή βαλβίδα ανοίγει και η καρδιά επιστρέφει στη φάση 1.

Ότι συμβαίνει στην αριστερή κυκλοφορία (αριστερή κοιλία, αορτή, κλπ.), το ίδιο συμβαίνει και στη δεξιά κυκλοφορία (δεξιά κοιλία, πνευμονική αρτηρία). Υπάρχουν όμως ορισμένες διαφορές μεταξύ δεξιάς και αριστερής κοιλίας ως προς τη λειτουργία τους:

Η αριστερή κοιλία πρέπει να ξεπεράσει τις περιφερικές αντιστάσεις στη συστηματική κυκλοφορία για να εξωθήσει το αίμα της. Για να επιτευχθεί αυτό χρειάζεται πίεση 100-120 mmHg (συστηματική κυκλοφορία υψηλών αντιστάσεων).

Η δεξιά κοιλία πρέπει να ξεπεράσει τις περιφερικές αντιστάσεις στην πνευμονική κυκλοφορία για να εξωθήσει το αίμα. Για να επιτευχθεί αυτό χρειάζεται πίεση εξώθησης 15-25 mmHg (πνευμονική κυκλοφορία χαμηλών αντιστάσεων).

Η διαφορά αυτή στις αντιστάσεις της συστηματικής και πνευμονικής κυκλοφορίας αντανακλάται στο διαφορετικό πάχος του τοιχώματος των δύο κοιλιών.

Το ενδοθήλιο και οι νευρικές συνδέσεις των μικρού μεγέθους αρτηριδίων παίζουν ρυθμιστικό ρόλο και καθορίζουν την τάση των λείων μυϊκών ινών, οι οποίες περιβάλλουν τον αυλό των αγγείων αυτών και καθορίζουν το μέγεθος της διατομής τους.

Η δραστική επιφάνεια διατομής των «τελικών» μυϊκών αρτηριών (διάμετρος 100-500μm), και των αρτηριδίων (διάμετρος 10-100 μm) καθορίζουν κατά κύριο λόγο τις περιφερικές αντιστάσεις.

Η απώλεια ενέργειας λόγω των αντιστάσεων προκαλεί πτώση της αρχικής πίεσης εξώθησης από 90-100 mmHg σε 30-35 mmHg στο αρτηριακό άκρο των τριχοειδών και σε 5-10 mmHg στο φλεβικό τους άκρο.

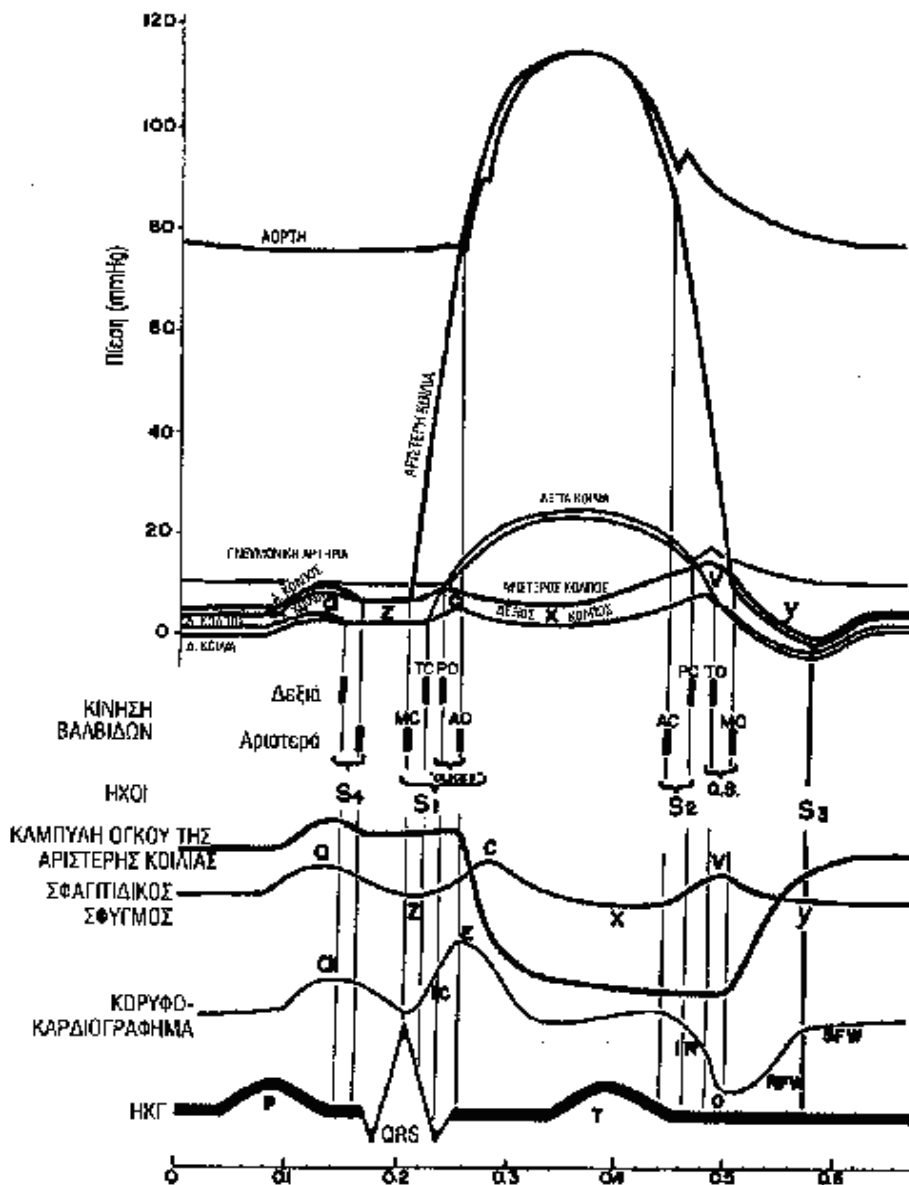
Έτσι, οι συνθήκες που δημιουργούνται διευκολύνουν τη λειτουργία ανταλλαγής αερίων και θρεπτικών ουσιών στα τριχοειδή.

Οι φλέβες έχουν μεγάλη διατασιμότητα. Φιλοξενούν το 60-65% του συνολικού όγκου αίματος.

Η λειτουργική διατομή των φλεβών ρυθμίζει τη φλεβική επιστροφή και συνεπώς τον όγκο παλμού.

Καρδιακός κύκλος και αναπνευστική λειτουργία

Τα μεγάλα φλεβικά αγγεία (άνω και κάτω κοίλη φλέβα) μεταφέρουν το αίμα στο δεξιό κόλπο κατά τη διάρκεια ολόκληρου σχεδόν του καρδιακού κύκλου. Η πλήρωση των μεγάλων φλεβικών αγγείων και ο ρυθμός εισροής αίματος στο δεξιό κόλπο μεταβάλλονται κατά τις αναπνευστικές κινήσεις. Η εισπνοή ελαττώνει την ενδοθωρακική πίεση και έτσι γίνεται εισρόφηση μεγαλύτερης ποσότητας αίματος στο εσωτερικό της θωρακικής κοιλότητας, το οποίο ακολούθως μεταφέρεται στο δεξιό κόλπο. Ο όγκος εξώθησης του δεξιού κόλπου εξαρτάται από το βαθμό της κολπικής πλήρωσης.



Συνεπώς ο εξωθούμενος από το δεξιό κόλπο όγκος αυξάνει κατά την εισπνοή λόγω μεταφοράς μεγαλύτερης ποσότητας αίματος με την άνω και κάτω κοίλη φλέβα. Κατά τη διάνοιξη της τριγλώχινας βαλβίδας η αυξημένη αυτή ποσότητα αίματος μεταφέρεται στη δεξιά κοιλία. Έτσι, με την εισπνοή ο όγκος παλμού της δεξιάς κοιλίας αυξάνει, με αποτέλεσμα την παράταση συστολής της δεξιάς κοιλίας και την καθυστέρηση του κλεισίματος της βαλβίδας της πνευμονικής αρτηρίας. Έτσι, το κλείσιμο της αορτικής βαλβίδας προηγείται του κλεισίματος της πνευμονικής βαλβίδας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη διεύρυνση του διαστήματος μεταξύ του δεύτερου πνευμονικού και αορτικού τόνου κατά την εισπνοή. Σε κάθε αναπνευστικό κύκλο αντιστοιχούν 4-5 καρδιακοί κύκλοι.

Ο αριστερός κόλπος δέχεται αίμα από τις πνευμονικές φλέβες. Κατά την εισπνοή αυξάνει η εισροή αίματος στον αριστερό κόλπο αφού το αίμα κυριολεκτικά συνθλίβεται μέσα στους πνεύμονες και διαφεύγει μέσω των πνευμονικών φλεβών προς τον αριστερό κόλπο. Ο τελευταίος αδειάζει το περιεχόμενό του μέσα στην αριστερή κοιλία όταν ανοίξει η μιτροειδής βαλβίδα. Η βαλβίδα ανοίγει όταν η πίεση στην αριστερή κοιλία μεταπέσει από την υψηλή συστολική της τιμή στη διαστολική τιμή που είναι χαμηλότερη από εκείνη του αριστερού κόλπου. Η διαδικασία αυτή είναι σχετικά βραδεία, έτσι ώστε η μιτροειδής βαλβίδα ανοίγει καθυστερημένα σε σχέση με την τριγλώχινα βαλβίδα. Φυσιολογικά, η μέση πίεση στον αριστερό κόλπο είναι κατά 4 mmHg υψηλότερη από εκείνη του δεξιού κόλπου. Η διαφορά αυτή είναι η αντανάκλαση μιας υψηλότερης διαστολικής αντίστασης πληρώσεως της αριστερής κοιλίας. Η κολπική συστολή δεν είναι ουσιαστικός παράγοντας της καρδιακής λειτουργίας ηρεμίας αφού σε βασικές συνθήκες ακόμη και στη διάρκεια κολπικής μαρμαρυγής διατηρείται ανέπαφη η καρδιακή παροχή. Εντούτοις, όταν οι κόλποι δεν συστέλλονται φυσιολογικά, δεν μπορεί να επιτευχθεί μέγιστη καρδιακή παροχή υπό συνθήκες σωματικής άσκησης.

Η αριστερή κοιλία εργάζεται εναντίον των υψηλών αντιστάσεων των αγγείων της συστηματικής κυκλοφορίας. Η κοιλιακή συστολή αρχίζει με τη φάση της ισομετρικής συστολής κατά την οποία πρώτα κλείνει η μιτροειδής και στη συνέχεια η πίεση στην αριστερή κοιλία αυξάνει στο επίπεδο της διαστολικής πίεσης της αορτής, που είναι περίπου 70-80 mmHg. Η εξώθηση του αίματος από την αριστερή κοιλία προς την αορτή αρχίζει μόλις ανοίξει η αορτική βαλβίδα και συνεχίζει μέχρι λίγο πριν το κλείσιμο της αορτικής βαλβίδας. Στο διάστημα αυτό η πίεση στην αριστερή κοιλία φθάνει τη μέγιστη τιμή που είναι 120-140mmHg. Τότε αρχίζει η περίοδος ισομετρικής χάλασης του μυϊκού τοιχώματος της αριστερής κοιλίας, κατά τη διάρκεια της οποίας η πίεση στην αριστερή κοιλία πέφτει προοδευτικά στο διαστολικό της επίπεδο οπότε κλείνει η αορτική βαλβίδα. Η μιτροειδής βαλβίδα ανοίγει όταν η πίεση στην αριστερή κοιλία πέσει κάτω από την πίεση του αριστερού κόλπου και έτσι ξεκινάει η πλήρωση της κοιλίας. Η αριστερή κοιλία έχει τη μεγαλύτερη μάζα του καρδιακού μυός και δέχεται αναλογικά το μεγαλύτερο μέρος της στεφανιαίας αιματικής ροής.

Επεξήγηση διαγράμματος

Συσχέτιση των διαφόρων μετρήσεων αιμοδυναμικών παραμέτρων στη διάρκεια ενός καρδιακού κύκλου. Καταγράφονται οι διάφορες πιέσεις, τα συμβαίνοντα στις βαλβίδες, οι καρδιακοί τόνοι, και άλλες μετρήσεις του καρδιακού κύκλου ως συνάρτηση του χρόνου. Άνω: Απεικονίζονται οι κατάλληλες πιέσεις στην αορτή, την αριστερή κοιλία, την πνευμονική αρτηρία, τη δεξιά κοιλία, και το δεξιό αριστερό κόλπο. Το άνοιγμα (O) και το κλείσιμο (C) της βαλβίδας σημειώνονται με το γράμμα M για τη μιτροειδή βαλβίδα, το T για την τριγλώχινα, το P για τη βαλβίδα της πνευμονικής αρτηρίας και το A της αορτής. Ο εντοπισμός των τεσσάρων καρδιακών τόνων (S1-S4). Η καμπύλη όγκου της αριστερής κοιλίας δείχνει μικρή περαιτέρω αύξηση κοντά στην τελοδιαστολή, που οφείλεται στη συστολή του αριστερού κόλπου. Ακολουθεί απότομη μείωση

του όγκου κατά τη συστολή με επακόλουθη πλήρωση στη διάρκεια του επόμενου διαστολικού καρδιακού κύκλου. Οι περιγραφές για το σφαγιτιδικό σφυγμό, και τις πιέσεις στο δεξιό και αριστερά κόλπο είναι οι ακόλουθες: το έπαρμα a οφείλεται στην κολπική συστολή που ακολουθείται από το έπαρμα Z που οφείλεται στην κολπική χάλαση. Το έπαρμα C του σφαγιτιδικού σφυγμού παριστάνει την ώθηση προς τα πρόσω και διάταση της τριγλώχινας βαλβίδας μέσα στο δεξιό κόλπο κατά τη συστολή. Ακολουθεί η κάμψη X καθώς η βάση της καρδιάς κινείται προς τα κάτω κατά τη διάρκεια της συστολής. Το έπαρμα V, παριστάνει συνεχιζόμενη πλήρωση των κόλπων ενάντια σε μία κλειστή τριγλώχινα βαλβίδα, που ακολουθείται από ένα πτωτικό Y αμέσως μετά το άνοιγμα της τριγλώχινας βαλβίδας. Στο κορυφοκαρδιογράφημα (που παριστάνει το κύμα μετατόπισης της κορυφής της καρδιάς και γίνεται αισθητό μέσα από το θωρακικό τοίχωμα, όταν ο άρρωστος είναι κατακεκλιμμένος στο αριστερά του πλάγιο το έπαρμα a παριστάνει την περαιτέρω πλήρωση της αριστερής κοιλίας που παράγεται από τη συστολή του αριστερού κόλπου. Το IC παριστάνει την φάση της ισοογκωτικής συστολής, ενώ το σημείο E παριστάνει την αρχή της εξώθησης. Το IR παριστάνει τη φάση της ισοογκωτικής χάλασης μέχρι το σημείο O, όπου χρονικά ανοίγουν η μιτροειδής και η τριγλώχινα βαλβίδα. Τότε εμφανίζεται ένα έπαρμα ταχείας πληρώσεως (RFW) που ακολουθείται από ένα έπαρμα βραδείας πληρώσεως (SFW). Το Χαρακτηριστικό έπαρμα P, το σύμπλεγμα QRS και το έπαρμα T ενός ηλεκτροκαρδιογραφήματος δείχνονται στο κάτω μέρος για λόγους χρονικού συντονισμού.

Η δύναμη της καρδιάς

Οι τέσσερις κύριοι παράγοντες της καρδιακής λειτουργίας είναι το προφορτίο, το μεταφορτίο, η συσταλτικότητα και η καρδιακή συχνότητα.

Το προφορτίο αφορά στην αρχική κατάσταση της καρδιάς, και καθορίζεται από την τελοδιαστολική ενδοκοιλιακή πίεση ή τελοδιαστολικό όγκο. Το μεταφορτίο αντιπροσωπεύει το φορτίο που πρέπει να υπερκερασθεί από την καρδιά, ώστε αυτή να συσταλεί, και το οποίο εξαρτάται κυρίως από την πίεση του αίματος. Η συσταλτικότητα αναφέρεται στο σθένος της καρδιακής συστολής και συνήθως μετράται βάσει του κλάσματος εξωθήσεως (κλάσμα του τελοδιαστολικού όγκου που εξωθείται σε κάθε καρδιακή συστολή). Η καρδιακή συχνότητα αντιπροσωπεύει τον ρυθμό λειτουργίας της καρδιάς και από κοινού με τον όγκο παλμού, καθορίζει τον κατά λεπτό όγκο αίματος (καρδιακή παροχή).

Το μυοκάρδιο αποτελείται από μυοκαρδιακές ίνες, διάμεσο συνδετικό ιστό και αιμοφόρα αγγεία. Στην φυσιολογική καρδιά, το μεγαλύτερο τμήμα της δύναμης κενώσεως των κοιλιών προκύπτει από ενδογενείς ιδιότητες του μυοκαρδίου, ιδιαιτέρως το μήκος της ίνας και την δύναμη της συστολής.

Σύμφωνα με τον νόμο Frank-Starling, το αρχικό μήκος των μυοκαρδιακών ινών καθορίζει μία αύξηση της συσταλτικότητας. Σε περίπτωση καρδιακής ανεπάρκειας, οι μυοκαρδιακές ίνες είναι δυνατόν να παρουσιάζουν αρχικώς υπερτροφία, ως απόκριση στην αυξημένη ενδοκοιλιτική πίεση, αλλά τελικώς διατείνονται, ως αποτέλεσμα της συνεχούς αυξήσεως του όγκου των καρδιακών κοιλοτήτων. Εντούτοις, εάν μία ίνα διαταθεί πέραν του λεγόμενου "ιδανικού μήκους", για την μέγιστη ισχύ συστολής, η συσταλτική ισχύς θα ελαττωθεί.

Παρά το γεγονός ότι η καρδιά είναι ένα μονήρες όργανο, είναι δυνατόν να διαιρεθεί, λειτουργικά, σε αριστερά καρδιά-αριστερές κοιλοότητες-και δεξιά καρδιά-δεξιές κοιλοότητες. Παρομοίως, η καρδιακή ανεπάρκεια είναι δυνατόν να ταξινομηθεί σε δεξιά καρδιακή ανεπάρκεια, όταν υπάρχει έκπτωση της λειτουργίας της δεξιάς κοιλίας ή αριστερά καρδιακή ανεπάρκεια, όταν υπάρχει δυσλειτουργία της αριστεράς κοιλίας. Με την πάροδο του χρόνου, και καθώς εμμένει η δεξιά ή η αριστερά καρδιακή ανεπάρκεια, οι περισσότερες των περιπτώσεων καταλήγουν σε συμφορητική καρδιακή ανεπάρκεια, η οποία χαρακτηρίζεται από ανεπάρκεια αμφοτέρων των κοιλιών, παρά το γεγονός ότι η μία πλευρά είναι πάντα περισσότερο επηρεασμένη από την άλλη.

Καρδιακή παροχή -Αιματική ροή -Αρτηριακή πίεση

Η αντλητική ικανότητα της καρδιάς, όπως αυτή εκφράζεται με την καρδιακή παροχή, είναι αποτέλεσμα των καρδιακών συστολών ανά πρώτο λεπτό (καρδιακή συχνότητα) και του όγκου αίματος ανά συστολή (όγκος παλμού). Οι δύο αυτοί παράμετροι (καρδιακή συχνότητα και όγκος παλμού) ρυθμίζονται από το αυτόνομο νευρικό σύστημα και από ενδογενείς και εξωγενείς μηχανισμούς του καρδιαγγειακού συστήματος.

Ρύθμιση της καρδιακής συχνότητας

Τα αυτόνομα νεύρα της καρδιάς βρίσκονται σε συνεχή λειτουργία ελέγχοντας συνεχώς το ρυθμό της αυτόματης εκπόλωσης του φλεβοκόμβου. Ο φλεβοκόμβος πυροδοτείται συνεχώς από τη νοραδρεναλίνη, που εκλύεται στις απολήξεις των συμπαθητικών νεύρων και από την αδρεναλίνη που παράγεται από το μυελό των επινεφριδίων. Με τον τρόπο αυτό αυξάνει η συχνότητα λειτουργίας του φλεβοκόμβου. Στις απολήξεις των παρασυμπαθητικών νεύρων εκλύεται ακετυλοχολίνη η οποία υπερπολώνει το φλεβοκόμβο με αποτέλεσμα την πτώση της συχνότητας (του ρυθμού πυροδότησης του φλεβοκόμβου) της καρδιακής λειτουργίας. Οι παρεμβάσεις αυτές του αυτόνομου νευρικού συστήματος στην καρδιακή λειτουργία ονομάζονται χρονότροπη δράση. Το συμπαθητικό αυξάνει τη συχνότητα της καρδιακής λειτουργίας και συνεπώς έχει θετική χρονότροπη δράση, ενώ το παρασυμπαθητικό ελαττώνει την καρδιακή συχνότητα, δηλαδή έχει αρνητική χρονότροπη δράση. Η ρύθμιση του φλεβοκόμβου από το αυτόνομο νευρικό σύστημα αποτελεί το βασικό μηχανισμό με τον οποίο κανονίζεται η καρδιακή συχνότητα. Εντούτοις, οι απολήξεις του συμπαθητικού μέσα στο μυοκάρδιο των κόλπων και των κοιλιών αυξάνουν τη δύναμη της καρδιακής συστολής, ελαττώνοντας, σε μικρό βαθμό, το χρόνο της συστολής, όταν η καρδιακή συχνότητα είναι υψηλή.

Ρύθμιση του όγκου παλμού

Στη ρύθμιση του όγκου παλμού συμμετέχουν τρεις παράμετροι: ο τελοδιαστολικός όγκος, οι ολικές αντιστάσεις της περιφέρειας στις αρτηρίες και η συσταλτικότητα η δύναμη συστολής των κοιλιών, ιδιαίτερα της αριστερής κοιλίας.

Ο τελοδιαστολικός όγκος είναι ο όγκος αίματος που υπάρχει μέσα στις κοιλίες μόλις πριν από τη συστολή τους και αντιστοιχεί στο προφόρτιο της καρδιάς. Ο όγκος παλμού είναι ευθέως ανάλογος προς το προφόρτιο: Αύξηση του τελοδιαστολικού όγκου οδηγεί σε αύξηση του όγκου παλμού κατά το νόμο Frank-Starling. Ο όγκος παλμού είναι επίσης ευθέως ανάλογος προς τη συσταλτικότητα: Είναι ευνόητο ότι όσο πιο έντονα συστέλλονται οι κοιλίες τόσο περισσότερο αίμα εξωθούν. Η ροή του αίματος γίνεται από τις υψηλότερες προς τις χαμηλότερες πιέσεις. Συνεπώς, για να γίνει η εξώθηση του αίματος, η πίεση μέσα στις κοιλίες κατά τη συστολή τους πρέπει να είναι υψηλότερη από εκείνη που υπάρχει εκείνη τη στιγμή μέσα στις αρτηρίες. Η πίεση μέσα στις αρτηρίες, προτού γίνει η συστολή της καρδιάς είναι υπόθεση των συνολικών περιφερικών αντιστάσεων αλλά και της ελαστικότητας της αορτής. Όσο μεγαλύτερες οι περιφερικές αντιστάσεις τόσο υψηλότερη η αρτηριακή πίεση. Μόλις αρχίσει η εξώθηση του αίματος από την αριστερή κοιλία, ο όγκος αίματος της εξώθησης που προστίθεται στον προϋπάρχοντα όγκο αίματος μέσα στην αορτή, προκαλεί αύξηση της μέσης αρτηριακής πίεσης που ασκείται εναντίον των περιφερικών αντιστάσεων. Η εξώθηση του αίματος παύει λίγο μετά την εξίσωση της αορτικής πίεσης με εκείνη που υπάρχει τη στιγμή αυτή μέσα στην αριστερή κοιλία. Συνεπώς, οι ολικές περιφερικές αντιστάσεις παρεμποδίζουν την εξώθηση του αίματος από την αριστερή κοιλία κατά τη συστολή ή με άλλα λόγια, δημιουργείται ένα μεταφόρτιο που

επιβαρύνει την αριστερή κοιλία.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι όσο μεγαλύτερες οι περιφερικές αντιστάσεις τόσο μικρότερος ο όγκος παλμού. Η πτώση αυτή του όγκου παλμού εξαιτίας των αυξημένων αντιστάσεων διαρκεί πολύ λίγο (για μερικές συστολές). Αμέσως μετά, επεμβαίνουν αντιρροπιστικοί μηχανισμοί και δη η αύξηση του τελοδιαστολικού όγκου της αριστεράς κοιλίας (προφόρτιο) που αυξάνουν τη δύναμη της καρδιακής συστολής έναντι των αυξημένων αντιστάσεων, σύμφωνα με το νόμο Frank-Starling. Η ποσοστιαία αναλογία του τελοδιαστολικού όγκου που εξωθείται εναντίον του δεδομένου μεταφορτίου εξαρτάται από τη δύναμη συστολής των κοιλιών. Φυσιολογικά η καρδιά επαρκεί για να εξωθήσει 70-80 ml αίματος από το συνολικό όγκο αίματος που υπάρχει μέσα στην αριστερή (ή και τη δεξιά) κοιλία, που είναι 110-130ml. Καθώς ο τελοδιαστολικός όγκος και η συσταλτικότητα αυξάνουν, περισσότερο αίμα εξωθείται σε κάθε συστολή.

Ενδογενής έλεγχος της καρδιακής συσταλτικότητας

Ο νόμος Frank-Starling εξηγεί πως η καρδιά μπορεί να προσαρμοστεί σε μια αύξηση του συνόλου των περιφερικών αντιστάσεων:

Κάθε αύξηση στο σύνολο των περιφερικών αντιστάσεων προκαλεί μείωση του όγκου παλμού των κοιλιών, έτσι ώστε περισσότερο αίμα παραμένει μέσα στις κοιλίες και ο τελοδιαστολικός όγκος είναι μεγαλύτερος για τον επόμενο κύκλο λειτουργίας της καρδιάς με αποτέλεσμα οι κοιλίες διατείνονται ακόμη περισσότερο στον επόμενο κύκλο και συστέλλονται πιο δυνατά και εξωθούν περισσότερο αίμα.

Οι συνέπειες της συμπεριφοράς αυτής είναι ότι ο όγκος παλμού της αριστερής κοιλίας, η οποία εξωθεί αίμα στα αγγεία της συστηματικής κυκλοφορίας, κάτω από συνεχώς μεταβαλλόμενες αντιστάσεις, προσαρμόζεται ανάλογα, προκειμένου να ελέγχει τον όγκο παλμού της δεξιάς κοιλίας, η οποία εξωθεί αίμα στην πνευμονική κυκλοφορία. Αύξηση του όγκου παλμού δημιουργείται επίσης με την αυξημένη φλεβική επιστροφή. Η πλήρωση της δεξιάς κοιλίας αυξάνει και της αριστεράς μειούται κατά την εισπνοή. Η πλήρωση αμφοτέρων αυξάνει κατά την ύπτια και μειούται κατά την ορθία θέση.

Οποσδήποτε, ο ρυθμός της αιματικής ροής μέσω της πνευμονικής και της συστηματικής κυκλοφορίας πρέπει να είναι ίσος, προκειμένου να αποφευχθεί συσσώρευση υγρού στους πνεύμονες και για να μπορεί να μεταφερθεί οξυγονωμένο αίμα στους ιστούς.

Βέβαια, τα παραπάνω ισχύουν αν το μυοκάρδιο είναι φυσιολογικό ενώ οι αντιρροπιστικοί μηχανισμοί μειονεκτούν όταν το μυοκάρδιο κάμπτεται.

Νεύρωση της Καρδιάς

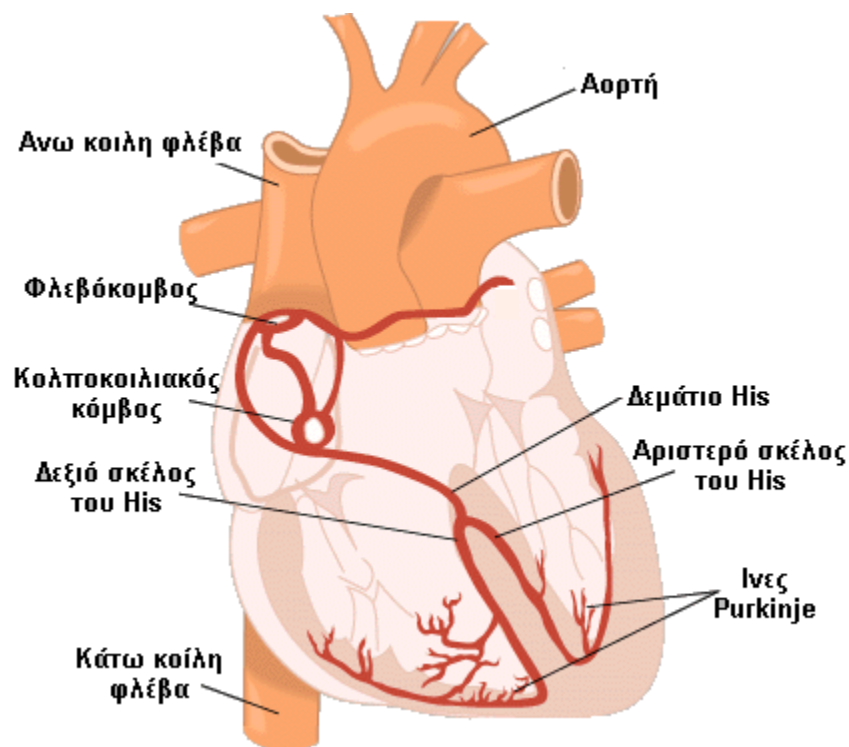
Η καρδιά είναι ένα όργανο ημιαυτόνομο καθώς έχει μια δική της ανεξάρτητη κυκλοφορία, κατά τον ίδιο τρόπο μπορεί και πάλεται μόνη της. Το ερέθισμα που κάνει την καρδιά να πάλεται προέρχεται από το φλεβόκομβο, ένα μικρό ανατομικό μόριο στη συμβολή δεξιού κόλπου και κάτω κοίλης φλέβας. Η καρδιά δηλ. είναι δυνατό να χτυπά χωρίς τη μεσολάβηση του νευρικού συστήματος. Ωστόσο στη καρδιά φθάνουν νεύρα, τα οποία προέρχονται από το παρασυμπαθητικό (πνευμονογαστρικό) και το συμπαθητικό σύστημα. Τα νεύρα αυτά ρυθμίζουν τους παλμούς (καρδιακή συχνότητα) της καρδιάς: το συμπαθητικό τους επιταχύνει, ενώ το πνευμονογαστρικό τους επιβραδύνει.

Η καρδιά χαρακτηρίζεται από την ικανότητα να συστέλλεται χωρίς εξωτερικό ερέθισμα, που να προέρχεται από άλλα όργανα, χάρη στην ύπαρξη ειδικού ηλεκτρικού συστήματος (ερεθισματογωγό σύστημα της καρδιάς). Η βηματοδοτική λειτουργία της καρδιάς, διαδραματίζει τρεις σημαντικούς ρόλους: κάνει, την καρδιά να χτυπά αυθόρμητα, ρυθμίζει την καρδιακή

συχνότητα και μεταφέρει το ηλεκτρικό σήμα στις κοιλίες με κάθε καρδιακό παλμό, μέσω ειδικών οδών. Μια υγιής καρδιά χτυπά με συχνότητα περίπου 60 έως 100 παλμών ανά λεπτό, σε ηρεμία.

Ο φλεβόκομβος

Το ερέθισμα στην καρδιά φυσιολογικά παράγεται από τον φλεβόκομβο. Ο φλεβόκομβος εντοπίζεται στη συμβολή του δεξιού κόλπου και της άνω κοίλης φλέβας. Συνιστά ένα σύνολο κυττάρων που σχηματίζουν την πρωτογενή ηλεκτρική γεννήτρια (βηματοδότη) της καρδιάς. Κάθε καρδιακός παλμός ξεκινά στο φλεβόκομβο και πυροδοτεί μια αλυσιδωτή ηλεκτρική αντίδραση που διαχέει το σήμα και στους δύο κόλπους, με αποτέλεσμα την κολπική σύσπαση. Το ηλεκτρικό σήμα μεταβιβάζεται στη συνέχεια στον κολποκοιλιακό κόμβο.



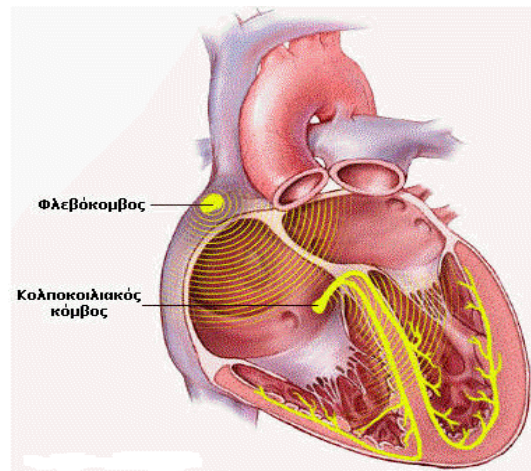
Εικόνα 11:Το νευρικό σύστημα της καρδιάς (Πηγή : incardiology.gr)

Ο κολποκοιλιακός κόμβος

Η ηλεκτρική ώση μεταβιβάζεται από τους κόλπους σε μια ζώνη που βρίσκεται στη δεξιά οπίσθια θέση του μεσοκολπικού διαφράγματος. Η ζώνη αυτή ονομάζεται κολποκοιλιακός κόμβος και είναι το μοναδικό σημείο ηλεκτρικής σύνδεσης κόλπων και κοιλιών.

Ο κολποκοιλιακός κόμβος λειτουργεί ως θύρα ελέγχου του ηλεκτρικού σήματος μεταξύ του φλεβόκομβου και των οδών αγωγής των κοιλιών, προκειμένου να εξασφαλίζει το σωστό χρόνο

μετάδοσης της ηλεκτρικής ώσης για την πυροδότηση της κοιλιακής σύσπασης. Ουσιαστικά το ερέθισμα καθυστερεί για λίγο μέσα στον κολποκοιλιακό κόμβο και μετά μέσω του δεματίου του His διαχέεται στις κοιλίες για να τις διεγείρει.



Εικόνα 12: Ο κολποκοιλιακός κόμβος(Πηγή : incardiology.gr)

Δεμάτιο του His

Το ηλεκτρικό σήμα μετά τον κολποκοιλιακό κόμβο, μεταφέρεται μέσω του ειδικού ερεθισματοαγωγού ιστού των κοιλιών, που ονομάζεται δεμάτιο του His στις κοιλίες. Το δεμάτιο του His είναι συνέχεια του κολποκοιλιακού κόμβου και πορεύεται υπενδοκαρδιακά στο μεσοκοιλιακό διάφραγμα σαν κοινό στέλεχος που στην συνέχεια διακλαδίζεται σε δύο σκέλη το αριστερό και το δεξιό σκέλος έτσι ώστε να προκαλεί ηλεκτρική διέγερση και στις δύο κοιλίες. Το αριστερό σκέλος χωρίζεται περιφερικότερα σε πρόσθιο και οπίσθιο ημισκέλος.

Παράγοντες που επηρεάζουν τον ρυθμό της καρδιάς

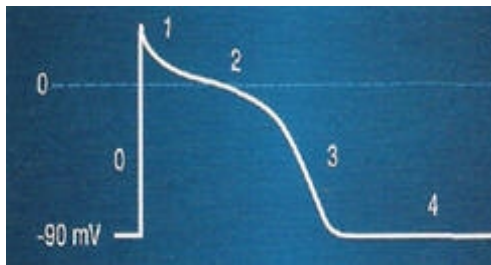
Ο βασικός παράγοντας που ρυθμίζει το ρυθμό της λειτουργίας της καρδιάς είναι η κατάσταση του αυτόνομου νευρικού συστήματος, του τμήματος του νευρικού συστήματος που ρυθμίζει τη λειτουργία των σπλάχνων. Το αυτόνομο νευρικό σύστημα επηρεάζεται από διάφορες συναισθηματικές αντιδράσεις, τη γενικότερη φυσική κατάσταση, αλλά και από την κατάσταση που βρίσκεστε τη στιγμή που μετράτε τους σφυγμούς σας. Γι' αυτό το λόγο, κάθε άνθρωπος έχει διαφορετικό φυσιολογικό σφυγμό. Το συναίσθημα και η φυσική δραστηριότητα επηρεάζουν, επίσης, αυτή την ισορροπία και γι' αυτό μεταβάλλονται οι παλμοί της καρδιάς του ίδιου ανθρώπου σε διαφορετικές στιγμές της ζωής του. Ας μην ξεχνάμε πως το αυτόνομο νευρικό σύστημα είναι φτιαγμένο έτσι, ώστε να βοηθά την καρδιά να λειτουργεί κατάλληλα για κάθε περίπτωση. Αν, για παράδειγμα, τρέξετε, πρέπει να αυξηθεί η δραστηριότητα του συμπαθητικού νευρικού συστήματος για να συσπάσει εντονότερα και πιο γρήγορα την καρδιά, ώστε να μεταφερθεί περισσότερο αίμα και οξυγόνο στους μύς που το χρειάζονται. Έτσι, αν μετρήσετε εκείνη τη στιγμή τους σφυγμούς σας, ανάλογα με τη φυσική σας κατάσταση, μπορεί να τους βρείτε πολύ ανεβασμένους σε σχέση με το φυσιολογικό.

Το δυναμικό ενέργειας ενός μυοκαρδιακού κυττάρου. Οι αριθμοί αναφέρονται στις φάσεις του δυναμικού ενέργειας.

Το δυναμικό ενέργειας είναι μια αιφνίδια παροδική εκπόλωση που μεταδίδεται στα κύτταρα μέσω κυτταροπλασματικών ροών ρευμάτων. Τα μυοκαρδιακά κύτταρα, όπως πολλά κύτταρα, διατηρούν μια διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού μεταξύ της ενδοκυττάριας και της εξωκυττάριας περιοχής της μεμβράνης. Αυτή η διαφορά δυναμικού είναι περίπου -90 . Εκπόλωση σημειώνεται μετά την εισροή θετικών ιόντων στο κύτταρο, μέχρι να εξισορροπηθεί η ηλεκτροχημική κλίση. Το δυναμικό ενέργειας ταξιδεύει μέσω των οδών επαγωγής και στο επίπεδο του μυοκαρδίου, πυροδοτεί τη σύσπαση του καρδιακού μυός. Ο όρος «δυναμικό ενέργειας» περιλαμβάνει έναν κύκλο εκπόλωσης, υπερπόλωσης και επιστροφής σε ηρεμία του δυναμικού της μεμβράνης.

Πρόκειται για τέσσερις φάσεις, από 0 έως 3. Η φάση 4 αναφέρεται στο δυναμικό ηρεμίας.

- ▲ Φάση 0: ταχεία εκπόλωση
- ▲ Φάση 1: ταχεία αρχική επαναπόλωση
- ▲ Φάση 2: plateau
- ▲
- ▲ Φάση 3: ταχεία τελική επαναπόλωση
- ▲ Φάση 4: δυναμικό ηρεμίας.



Εικόνα 13: Εικόνα καρδιογραφήματος(Πηγή : incardiology.gr)

Κυτταρική διαφοροποίηση κατά τη βηματοδότηση: φάση 4 στο δυναμικό ενέργειας.

Τα δυναμικά ενέργειας δεν είναι όλα ίδια σε όλα τα σημεία της καρδιάς, είτε κατά τη φάση εκπόλωσης, είτε κατά τη φάση επαναπόλωσης. Στα μυοκαρδιακά κύτταρα που δεν έχουν βηματοδοτικές ιδιότητες, κάθε δυναμικό ενέργειας ακολουθείται από μια φάση 4 που είναι η ανερέθιστη περίοδος της καρδιάς, κατά την οποία το κύτταρο δεν έχει την ικανότητα να πυροδοτήσει το δυναμικό ενέργειας. Αντίθετα, σε εξειδικευμένα καρδιακά κύτταρα, όπως τα φλεβοκομβικά, τα οποία επιδεικνύουν βηματοδοτικές ιδιότητες, πραγματοποιείται προοδευτική διαστολική («βηματοδοτική») εκπόλωση. Αυτή η εκπόλωση του βηματοδότη φέρνει αργά το δυναμικό της μεμβράνης σε έναν ουδό δυναμικού. Όταν φθάσει σε αυτό το δυναμικό, πυροδοτείται ένα δυναμικό ενέργειας. Η φάση εκπόλωσης 4 καθοδηγείται από ένα εσωμόλο ρεύμα πολλαπλών ιόντων νατρίου και καλίου. Αυτό ακριβώς το εσωμόλο ρεύμα, που μεταφέρει θετικά ιόντα στο κύτταρο, καθορίζει την καμπύλη διαστολικής εκπόλωσης.

Νευρογενής έλεγχος της δύναμης συστολής

Η δύναμη της κοιλιακής συστολής εξαρτάται και από τη δραστηριότητα του επινεφριδιακού συστήματος. Η νοραδρεναλίνη από νευρικές απολήξεις του συμπαθητικού και η αδρεναλίνη από το μυελό των επινεφριδίων προκαλούν αύξηση της δύναμης συστολής του καρδιακού μυός. Η θετική ινότροπη δράση οφείλεται σε αύξηση της ποσότητας των ιόντων ασβεστίου στα σαρκομερίδια.

Συνεπώς, ο καρδιακός όγκος παλμού επηρεάζεται από το καρδιακό συμπαθητικό επινεφριδιακό σύστημα μέσω θετικής ινότροπης δράσης στη συσταλτικότητα, και μέσω θετικής χρονότροπης δράσης στην καρδιακή συχνότητα. Η διέγερση των παρασυμπαθητικών νευρών της καρδιάς έχει αρνητική χρονότροπη δράση, αλλά δεν επηρεάζει αξιολογικά τη συσταλτικότητα των κοιλιών. Βέβαια στην κλινική πράξη, η καρδιακή συσταλτικότητα μειώνεται σε παθήσεις που επηρεάζουν το μυοκάρδιο, όπως η νέκρωση τμήματός του μετά την επέλευση ενός εμφράγματος ή διάχυτη

προσβολή των μυϊκών ινών σε διάφορες πρωτογενείς παθήσεις του μυοκαρδίου (μυοκαρδιοπάθειες). Η ισχαιμία μπορεί να προκαλέσει αναστρέψιμη-παροδική μείωση της συσταλτικότητας. Αύξηση της συσταλτικότητας επέρχεται κατά την άσκηση σε φυσιολογικά άτομα και στον υπερθυρεοειδισμό.

Διαστολή της καρδιάς

Κατά τη διαστολική περίοδο το αίμα ρέει από τους από τον δεξιό κόλπο μέσω της τριγχλώχινας βαλβίδας προς τη δεξιά κοιλία και από τον αριστερό κόλπο μέσω της μιτροειδούς βαλβίδας προς την αριστερά κοιλία. Αυτό γίνεται επειδή στο τέλος της συστολής συμβαίνει διαστολή (χάλαση) των κοιλιών και η πίεση αυτών πέφτει απότομα πολύ χαμηλά, ώστε να γίνει μικρότερη από την πίεση των κόλπων.

Στην αρχή της διαστολικής περιόδου η πλήρωση των κοιλιών είναι ταχεία με εισροή μεγάλων ποσοτήτων αίματος (φάση ταχείας πλήρωσης), ενώ κατά το μέσο της διαστολής η πλήρωση επιβραδύνεται, επειδή κατά τη φάση αυτή οι πιέσεις των κόλπων και κοιλιών τείνουν να εξισωθούν (φάση βραδείας πλήρωσης).

Στο τέλος της διαστολής αυξάνεται πάλι η εισροή αίματος στις κοιλίες λόγω της επερχόμενης κολπικής συστολής.

Συστολή της καρδιάς

Κατά τη συστολική περίοδο το αίμα ρέει από τους τις κοιλίες προ τα μεγάλα αγγεία (στην αορτή από την αριστερά κοιλία και πνευμονική αρτηρία από τη δεξιά κοιλία). Τούτο γίνεται επειδή στο τέλος της διαστολής ακολουθεί συστολή των κοιλιών και η πίεση μέσα σε αυτές αυξάνεται απότομα πάνω από τη πίεση που επικρατεί στα μεγάλα αγγεία, με αποτέλεσμα την διάνοιξη της αορτικής και πνευμονικής βαλβίδας.

Ταυτόχρονα οι κόλποι διαστέλλονται και αίμα ρέει από την άνω και κάτω κοίλη φλέβα στο δεξιό κόλπο και από τις πνευμονικές φλέβες στον αριστερό κόλπο.

Στην αρχή της συστολής ή εξώθηση είναι ταχεία και σταδιακά μειώνεται. Το τέλος της συστολής υποδηλώνεται με τη σύγκλειση της αορτικής και πνευμονικής βαλβίδας.

1.2 ΑΓΓΕΙΑ

Γενικά για τα Αγγεία του Σώματος

Το αίμα για να φθάσει σε κάθε τμήμα του οργανισμού μας, ρέει μέσα σε ειδικούς αγωγούς που ονομάζονται αγγεία. Τα αγγεία τα οποία ξεκινούν από την καρδιά και κατευθύνονται στην περιφέρεια ονομάζονται αρτηρίες. Εκείνα τα οποία ακολουθούν αντίθετη κατεύθυνση, δηλ. από την περιφέρεια προς την καρδιά, ονομάζονται φλέβες.

Γενικά στις αρτηρίες ρέει αίμα πλούσιο σε οξυγόνο και θρεπτικές ουσίες οι οποίες μεταφέρονται στους διαφόρους ιστούς του οργανισμού μας. Στις φλέβες συμβαίνει το αντίθετο, δηλ. επαναφέρουν το αίμα από την περιφέρεια στην καρδιά, πλούσιο σε άχρηστα προϊόντα και διοξείδιο του άνθρακα. Τα άχρηστα προϊόντα κατόπιν απομακρύνονται μέσω των νεφρών, οι οποίοι έχουν ως αποστολή τους τη διήθηση (καθαρισμό) του αίματος, το δε διοξείδιο του άνθρακα απομακρύνεται από τους πνεύμονες με την αναπνοή.

Οι αρτηρίες, όταν φθάνουν στην περιφέρεια του ανθρώπινου σώματος, δηλ. στους μύες, το δέρμα, σε όλα τα όργανα, διακλαδίζονται σε ολοένα μικρότερες αρτηρίες, ωστόσο η διάμετρός τους γίνεται μικροσκοπική. Σε αυτό το σημείο ακριβώς συντελείται η ανταλλαγή μεταξύ του αίματος και των κυττάρων. Τα μικροσκοπικά αυτά αγγεία ονομάζονται τριχοειδή και σχηματίζουν μέσα στα διάφορα όργανα και ιστούς ένα εκτεταμένο δίκτυο. Τα τριχοειδή συμβάλλουν σε μικρές φλέβες οι οποίες λίγο-λίγο ενώνονται ή μία με την άλλη σε όλο μεγαλύτερες φλέβες και επαναφέρουν το αίμα στην καρδιά.

Από την καρδιά ξεκινούν δύο μεγάλες αρτηρίες. Η πνευμονική αρτηρία και η αορτή. Η πνευμονική αρτηρία έχει προορισμό να φέρει το αίμα στους πνεύμονες, για να αφήσει το διοξείδιο του άνθρακα και να προσλάβει το οξυγόνο. Έπειτα το αίμα επιστρέφει στην καρδιά, περνώντας από τις πνευμονικές φλέβες. Αυτό αποτελεί τη μικρή κυκλοφορία του αίματος.

Η αορτή μεταφέρει το αίμα στο υπόλοιπο τμήμα του οργανισμού μας και οι πολυάριθμοι κλάδοι της σχηματίζουν το δίκτυο των τριχοειδών όλων των οργάνων. Το αίμα επιστρέφει και πάλι στην καρδιά περνώντας από τις φλέβες, οι οποίες ενώνονται σε δύο μεγάλους κλάδους, την άνω και κάτω κοίλη φλέβα που εκβάλλουν στον δεξιό κόλπο. Είναι η λεγόμενη μεγάλη κυκλοφορία.

Ιστολογία των αγγείων

Τα μεγάλα αγγεία αποτελούνται από τρεις στιβάδες ή χιτώνες.

▲ Έσω χιτώνας

▲ Μέσος χιτώνας

▲ Έξω χιτώνας

Ο Έσω χιτώνας αποτελείται από μία μονή σειρά κυττάρων δημιουργώντας ένα πρώτο φραγμό για το αίμα που κυκλοφορεί μέσα στα αγγεία και ονομάζεται ενδοθήλιο. Ο έσω χιτώνας στις

μεγάλες κυρίως αρτηρίες περιέχει και λεία μυϊκά κύτταρα. Ο Μέσος χιτώνας είναι η πιο παχιά στοιβάδα , περιέχει λεία μυϊκά κύτταρα, χωρίζεται με τον έσω χιτώνα με το *έσω ελαστικό πέταλο* . Τα λεία μυϊκά κύτταρα έρχονται σε επαφή μεταξύ τους σχηματίζοντας τις λεγόμενες *χασματικές συνδέσεις* οι οποίες έχουν συγκεκριμένες πόρτες ανταλλαγής ιόντων τις *κοννεξίνες*. Οι συνδέσεις αυτές επιτρέπουν τα μυϊκά κύτταρα να εξαπλώνουν ένα ερέθισμα σαν κύμα ή σαν *συγκύτιο*. Τέλος ο Έξω χιτώνας περιέχει την νεύρωση και την αγγείωση των αγγείων αλλά και την στήριξη των αγγείων με κολλαγόνο. Η ελασίνη που προσδίδει την ικανότητα στα αγγεία να συστέλονται και να διαστέλονται είναι κυρίως χαρακτηριστικό των αρτηριών. Οι φλέβες έχουν περισσότερη στηρικτική ουσία με τη μορφή μιάς δομικής πρωτεΐνης του κολλαγόνου.

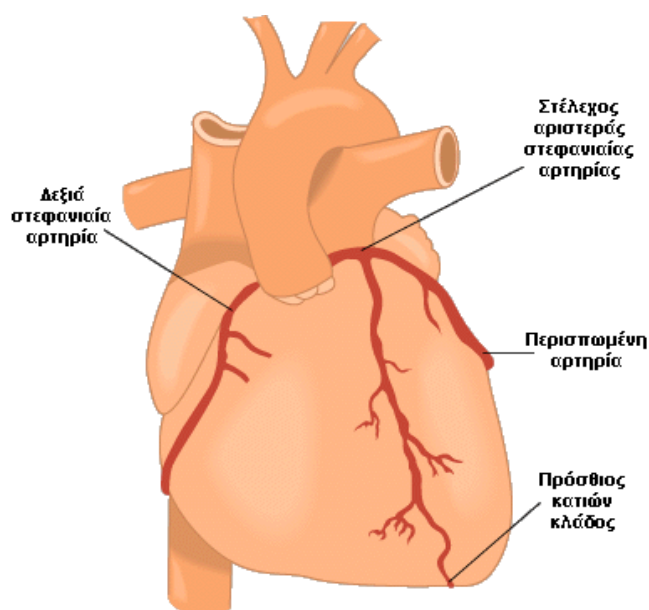
Μικρή και Μεγάλη κυκλοφορία του αίματος

Μικρή κυκλοφορία (Πνευμονική κυκλοφορία)

Η πνευμονική αρτηρία ξεκινά από τη δεξιά κοιλία και χωρίζεται στη δεξιά και στην αριστερά πνευμονική αρτηρία, οι οποίες κατευθύνονται στους αντιστοίχους πνεύμονες. Και οι δύο αυτές αρτηρίες μετά την είσοδο τους στους πνεύμονες χωρίζονται σε τόσους κλάδους, όσοι είναι οι λοβοί του πνεύμονα. Ύστερα από μία ακόμη υποδιαίρεση, στο ύψος των πνευμονικών λοβίων, αναλύονται στα τριχοειδή αγγεία του πνεύμονα. Τα τοιχώματα των τριχοειδών αγγείων είναι πολύ λεπτά, γι' αυτό και τα αέρια τα διαπερνούν πολύ εύκολα. Έτσι το οξυγόνο του αέρος πέρνα από τις πνευμονικές κυψελίδες στο αίμα. Εξ αλλού το διοξείδιο του άνθρακα αποβάλλεται από το αίμα και πέρνα στις πνευμονικές κυψελίδες για να μεταφερθεί προς τα έξω.

Τα αγγεία της καρδιάς

Η ίδια η καρδιά έχει επίσης ανάγκη από τροφή. Το αίμα που κυκλοφορεί στην καρδιά δεν την τρέφει, απλώς περνά μέσα από τις κοιλότητές της. Για τη θρέψη της υπάρχουν ειδικές αρτηρίες οι στεφανιαίες αρτηρίες (δεξιά και αριστερά), οι οποίες εκφύονται από την αορτή, λίγο πάνω από την έξοδο της από την αριστερά κοιλία. Οι στεφανιαίες αρτηρίες λίγο μετά την έκφυσή τους από την αορτή εισχωρούν κατευθείαν στη καρδιά και διακλαδίζονται μέσα στο μυοκάρδιο σε πολυάριθμους μικρότερους κλάδους και αυτοί σε πυκνό δίκτυο τριχοειδών. Το αίμα που έδωσε το οξυγόνο και τις θρεπτικές ουσίες στο μυοκάρδιο συγκεντρώνεται από τις φλέβες της καρδιάς στο στεφανιαίο κόλπο, ο οποίος εκβάλλει κατευθείαν στον δεξιό κόλπο. Η καρδιά λοιπόν έχει μία δική της, μικρή ανεξάρτητη κυκλοφορία.



Εικόνα 1.2.1: Αρτηρίες της καρδιάς(Πηγή : incardiology.gr)

Η στεφανιαία κυκλοφορία

^ Πρόκειται για το πυκνότερο δίκτυο τριχοειδών αγγείων που υπάρχει σε ολόκληρο το σώμα. Πράγματι, αντιστοιχεί ένα περίπου τριχοειδές για κάθε μια μυϊκή ίνα του μυοκαρδίου, δηλαδή κάπου 2500 τριχοειδή σε κάθε ένα κυβικό χιλιοστόμετρο μυοκαρδίου.

^ Το αίμα που διέρχεται από τα στεφανιαία αγγεία σε ένα λεπτό είναι περίπου 250 κυβικά εκατοστόμετρα, όταν βρισκόμαστε σε κατάσταση ηρεμίας, και φτάνει στο ένα λίτρο σε κάθε λεπτό, όταν βρισκόμαστε σε κατάσταση έντονης μυϊκής δραστηριότητας.

^ Το πρώτο από αυτά τα ποσά είναι σχεδόν διπλάσιο από εκείνο που διέρχεται από άλλα όργανα του σώματος, όταν αναλογίζεται σε ποσό αίματος ανά μονάδα βάρους του οργάνου, το δε δεύτερο ποσό φτάνει στο οκταπλάσιο περίπου της αιμάτωσης οποιουδήποτε άλλου ιστού του σώματος.

^ Η ροή του αίματος μέσα από τα στεφανιαία αγγεία, τουλάχιστον όσον αφορά τα αγγεία που βρίσκονται σε ορισμένα στρώματα του τοιχώματος της αριστεράς κοιλίας, είναι διακεκομμένη, γιατί κατά τη συστολή της καρδιάς, η πίεση που αναπτύσσεται μέσα στην αριστερή κοιλία είναι μεγαλύτερη από την πίεση του αίματος μέσα στις στεφανιαίες αρτηρίες και τις διακλαδώσεις τους, με αποτέλεσμα τα αγγεία αυτά να συμπιέζονται, και η ροή του αίματος μέσα από αυτά προσωρινά να ανακόπτεται.

^ Το ποσό του οξυγόνου που αποδίδεται από το αίμα που περνάει μέσα από αυτό το κύκλωμα προς το μυοκάρδιο είναι υπερδιπλάσιο από αυτό που αποδίδεται από το ίδιο ποσό αίματος, σε οποιοδήποτε άλλο όργανο του σώματος

Δυστυχώς, οι στεφανιαίες αρτηρίες, όπως και πολλές άλλες αρτηρίες στο σώμα, είναι δυνατό να υποστούν στένωση, με την ανάπτυξη στην εσωτερική επιφάνεια τους τοιχώματός τους, αθηρωματικών πλακών (αρτηριοσκλήρωση).

Κάτω από αυτές τις συνθήκες δεν είναι δυνατό να περνάει αρκετό αίμα προς τα τριχοειδή του μυοκαρδίου, όταν η καρδιά χρειάζεται περισσότερο οξυγόνο και άλλα θρεπτικά στοιχεία, όπως όταν περπατάμε, τρέχουμε ή ανεβαίνουμε σκαλοπάτια, με αποτέλεσμα το μυοκάρδιο να πάσχει από έλλειψη οξυγόνου, κατάσταση που προκαλεί έντονο στηθαγχικό πόνο και δυσφορία.

Στο σημείο της στένωσης μπορεί επίσης να σχηματιστεί αιφνίδια θρόμβος, από αίμα που έχει πήξει (εξαιτίας της επαφής του αίματος με στοιχεία της αθηρωματικής πλάκας), με αποτέλεσμα την απότομη πλήρη ή σοβαρή διακοπή της ροής του αίματος από αυτό το σημείο. Σ' αυτή την περίπτωση πρόκειται για οξεία καρδιακή προσβολή (έμφραγμα του μυοκαρδίου), με συνέπειες ανάλογες με τη σπουδαιότητα του αρτηριακού κλάδου που έχει αποφραχθεί

1.3 ΑΙΜΑ

Γενικά

Η κύρια λειτουργία του αίματος είναι η μεταφορά του οξυγόνου σε όλα τα κύτταρα των ιστών καθώς και άλλων θρεπτικών συστατικών και η απομάκρυνση των προϊόντων του μεταβολισμού των κυττάρων καθώς και του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) . Η θερμορύθμιση , η μεταφορά ορμονών και κυττάρων του αμυντικού (ανοσολογικού) συστήματος εμπεριέχονται επίσης στα καθήκοντα του αίματος. Το αίμα ρέει μέσα στο δίκτυο των αγγείων (αρτηρίες και φλέβες) ενώ η καρδιά αποτελεί την κινητήρια δύναμη για την συνεχή ροή του αίματος στα αγγεία λειτουργώντας ως αντλία . Το αίμα που κινείται στα αγγεία ονομάζεται και *δραστικός όγκος* και για έναν άνθρωπο 70kg είναι περίπου 5-5.5 λίτρα . Το αίμα αποτελείται από το **πλάσμα** και τα **έμμορφα στοιχεία** .

Σύσταση του αίματος

Το ανθρώπινο αίμα αποτελείται από το πλάσμα (άμορφο συστατικό), μέσα στο οποίο εναιωρούνται τα ερυθρά αιμοσφαίρια, τα λευκά αιμοσφαίρια και τα αιμοπετάλια. Το αίμα περιέχει αέρια όπως το οξυγόνο , το διοξείδιο του άνθρακα και το άζωτο και μεταφέρει επίσης σε μικρές ποσότητες μια μεγάλη ποικιλία διαλυμένων χημικών ουσιών, στις οποίες περιλαμβάνονται υδατανθρακες ,πρωτεΐνες (λευκώματα),ορμόνες , λίπη και αζωτούχες ενώσεις. Το αίμα αποτελείται κατά 22 % από στερεά και κατά 78 % από νερό.

Τα πραγματικά κύτταρα και τα διάφορα τμήματά τους (έμμορφο συστατικό) αποτελούν το 45% του όγκου του κυκλοφορούντος αίματος. Η αναλογία λευκών αιμοσφαιρίων προς ερυθρά αιμοσφαίρια είναι περίπου 500 προς 1. Σε ένα κυβικό εκατοστό αίματος υγιούς ανθρώπου βρίσκονται 4 με 5 εκατομμύρια ερυθρά αιμοσφαίρια, 4.000 με 11.000 λευκά και 150 με 300 αιμοπετάλια. Το πιο σημαντικό από τα λευκώματα που μεταφέρει το αίμα είναι η αιμοσφαιρίνη, η οποία είναι μια μεταλλοπρωτεΐνη με σίδηρο, που περιέχεται στα ερυθρά αιμοσφαίρια. Η λειτουργία που επιτελεί στα περισσότερα θηλαστικά είναι αυτή της μεταφοράς οξυγόνου από τους πνεύμονες στο υπόλοιπο σώμα και διοξειδίου του άνθρακα από το σώμα στους πνεύμονες. Άλλα λευκώματα του αίματος τού προσδίδουν ιδιότητες όπως η πήκτικότητα. Οι διάφορες ιδιότητες των ομάδων αίματος που λαμβάνονται υπόψιν στις μεταγγίσεις επίσης εξαρτώνται από λευκώματα του αίματος.

Πλάσμα

Το πλάσμα αποτελείται κυρίως από *νερό* (91.5%) το οποίο είναι ο διαλύτης για τις λοιπές ουσίες που περιέχει τις *πρωτεΐνες* , τα *ιόντα* και οι παράγοντες της πήξης. Εάν απομακρυνθούν από το πλάσμα οι παράγοντες της πήξης και το ινωδογόνο τότε το διάλυμα που παραμένει αποτελούν τον ορό. Βιοχημικά το πλάσμα έχει οσμωτικότητα περίπου 290 mosm /L η οποία οφείλεται κυρίως στους ηλεκτρολύτες (Na, K κτλ) και επειδή το Na είναι το κύριο εξωκυττάριο κατιόν εμπειρικά υποθέτουμε την οσμωτικότητα του πλάσματος εάν πολλαπλασιάσουμε το Νάτριο επί δύο .

Ερυθρά αιμοσφαίρια

Τα *ερυθροκύτταρα* (RBC) αποτελούν το 38% με 48% του πλήρους αίματος. Είναι τα πιο πολυάριθμα κύτταρα σε κυκλοφορία και δίνουν στο αίμα το χαρακτηριστικό κόκκινο χρώμα του μέσω της αιμοσφαιρίνης που περιέχουν. Η λειτουργία τους αφορά τη διατήρηση των ιστών στη ζωή καθώς μεταφέρουν σε αυτούς οξυγόνο από τους πνεύμονες και απομακρύνουν το διοξείδιο του άνθρακα προς την αντίθετη κατεύθυνση. Έχουν το σχήμα αμφίκοιλων δίσκων διαμέτρου 8 μικρόμετρα και πάχους 2. Παράγονται από τον μυελο των οστών και δεν έχουν πυρήνα, ενώ ο μέσος όρος ζωής τους είναι 120 ημέρες, κατά τη διάρκεια του οποίου διανύει 1.500 χιλιόμετρα καθώς διασχίζει ολόκληρο το κυκλοφορικό σύστημα. Είναι πολύ ελαστικά κύτταρα και αυτή τους η ιδιότητα τους επιτρέπει να

Αιμοσφαιρίνη

Η αιμοσφαιρίνη αποτελεί πρωτεϊνική (λευκωματούχο) ένωση του αίματος. Σχηματίζεται από δύο ζεύγη διαφορετικών πρωτεϊνικών αλυσίδων και τέσσερις προσθετικές ομάδες, οι οποίες ονομάζονται *αίμη*. Καθοριστικό ρόλο παίζει η παρουσία σιδήρου σε αυτές τις προσθετικές ομάδες, ο οποίος έχει υψηλότερη τάση σύνδεσης με το οξυγόνο και χαμηλότερη με το διοξείδιο του άνθρακα. Σύμφωνα με αυτό, γίνεται σύνδεση του οξυγόνου με την αιμοσφαιρίνη στους πνεύμονες, όπου εμφανίζεται και μεγάλη συγκέντρωση οξυγόνου, οπότε και δημιουργείται η *οξυαιμοσφαιρίνη*. Έτσι, είναι δυνατή η μεταφορά οξυγόνου στα τριχοειδή αγγεία, εκμεταλλευόμενη την ιδιότητα της οξυαιμοσφαιρίνης του να αποβάλλει εύκολα οξυγόνο. Το αίμα που έχει κορεστεί από οξυγόνο και έχει μεγάλη ποσότητα οξυαιμοσφαιρίνης λέγεται *αρτηριακό αίμα*. Αυτό καθώς φτάνει στα λεπτά τριχοειδή αγγεία διασπάται σε αιμοσφαιρίνη και οξυγόνο και έτσι γίνεται η μεταφορά του οξυγόνου στους ιστούς. Αντίστροφα, η απόθεση του διοξειδίου του άνθρακα στις πνευμονικές κυψελίδες γίνεται μέσω της απόθεσης του διοξειδίου του άνθρακα που αποβάλλεται από αυτούς, στην αιμοσφαιρίνη. Η αιμοσφαιρίνη αυτή ονομάζεται *ανθρακοαιμοσφαιρίνη* και το αίμα που την περιέχει έχει πιο σκοτεινό χρώμα από το αρτηριακό και ονομάζεται φλεβικό. Η ανθρακοαιμοσφαιρίνη διασπάται στους πνεύμονες και αποβάλλεται το διοξείδιο του άνθρακα. Σύμφωνα με την περιγραφή αυτού του κύκλου φαίνεται ότι η λειτουργία της αιμοσφαιρίνης αφορά στη μεταφορά οξυγόνου στους ιστούς και την απαγωγή του διοξειδίου του άνθρακα από αυτούς καθώς και ότι η αιμοσφαιρίνη υπάρχει μόνο στα ερυθρά αιμοσφαίρια και είναι αυτή ουσιαστικά που δίνει στο αίμα το χαρακτηριστικό του χρώμα, για τον άνθρωπο, τα σπονδυλωτά και κάποια ασπόνδυλα ζώα.

Η ποσότητά της στο αίμα μετριέται σε γραμμάρια (g) αιμοσφαιρίνης ανά 100 κυβικά εκατοστά (cc) αίματος. Ο ενήλικος έχει συνήθως μέσο όρο αιμοσφαιρίνης 14 g/100 cc. Ένας πρακτικός τρόπος για να υπολογίζεται ο αιματοκρίτης από την τιμή της αιμοσφαιρίνης είναι μέσω πολλαπλασιασμού της τιμής αυτής επί 3. Το γινόμενο είναι συνήθως λίγο μικρότερο από την πραγματική τιμή του αιματοκρίτη. Η ποσότητα της αιμοσφαιρίνης στο αίμα αποτελεί σημαντική διαγνωστική μέθοδο για την ιατρική καθώς μπορεί να δώσει ενδείξεις για ένα ευρύ φάσμα παθήσεων.

Λευκά αιμοσφαίρια

Τα *λευκά αιμοσφαίρια*, *λευκοκύτταρα* ή *κοκκιοκύτταρα* (WBC) είναι άχρωμα ή λευκού χρώματος κύτταρα με πυρήνα. Αποτελούν λιγότερο από το 1 τοις εκατό του πλήρους αίματος. Έχουν σχήμα σφαιρικό όταν είναι ακίνητα ενώ μπορούν να κινούνται με αμοιβαδικές κινήσεις. Μία σημαντική τους ικανότητα είναι το ότι μπορούν να διαπερνούν τα τοιχώματα των αιμοφόρων αγγείων και να φτάνουν στο συνδετικό ιστό και στη λεμφα.

Η πρωταρχική λειτουργία τους είναι η άμυνα και η καταπολέμηση των λοιμώξεων μέσω της επίθεσης και της καταστροφής επιβλαβών ξένων ουσιών. Μπορούν να κατευθύνονται προς τις περιοχές του οργανισμού όπου αυτός έχει προσβληθεί, όπως φλεγμονές, εγκαύματα, πληγές, και να κατατρώνε και να αποβάλλουν με φαγοκύτωση μικρότερα τους οργανικά μόρια.

Επιπλέον, με ένζυμα που φέρουν μπορούν να καταλύουν τον ιστό, φαινόμενο που συναντάται στα αποστήματα με σκοπό την επαναδημιουργία υγιούς ιστού μετά την πλήρη καταπολέμηση της πάθησης που προκάλεσε την κατάλυση. Σχηματίζονται στους μυελοβλάστες του μυελού των οστών, στο σπλήνα και τους λεμφαδένες. Κατά κανόνα είναι, επίσης, υπεύθυνα για την ιστοσυμβατότητα κατά τις μεταμοσχεύσεις οργάνων, καθώς, αν δεν υφίσταται ιστοσυμβατότητα, τα λευκά αιμοσφαίρια "επιτίθενται" στο μόσχευμα, θεωρώντας το "ξένο σώμα" και, σταδιακά, προκαλούν την καταστροφή του.

Αιμοπετάλια

Τα αιμοπετάλια είναι κυτταρικά θραύσματα, μήκους 2 – 4 μm, τα οποία αποτελούν λιγότερο από το 1 τοις εκατό του πλήρους αίματος. Παίζουν καθοριστικό ρόλο στην πήξη του αίματος και την αιμόσταση, δηλαδή στην αναστολή της αιμορραγίας ή της κυκλοφορίας μέσω έκκρισης του ενζύμου της θρομβοκινάσης. Δημιουργούν το φαινόμενο της πήξης του αίματος, ώστε να αποτρέπεται η διαρροή αίματος από τις πληγές. Τα αιμοπετάλια παράγονται από το μυελό των οστών. Πολλές φορές αναφέρονται ως *θρομβοκύτταρα*, χωρίς αυτή η ονομασία να είναι ορθή. Τα θρομβοκύτταρα είναι κύτταρα με πυρήνα που συναντώνται σε όλα τα σπονδυλωτά, πλην των θηλαστικών. περνούν από τα τριχοειδή αγγεία. Η εκατοστιαία αναλογία ερυθρών αιμοσφαιρίων ανά μονάδα όγκου αίματος ονομάζεται αιματοκρίτης.

1.4 ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΑ ΝΟΣΟΣ

Γενικά

Η αθηροσκληρήνωση των στεφανιαίων αρτηριών είναι μια νόσος της αρχαιότητας, όπως τεκμηριώνονται από νεκροψία σε μια 50 ετών μούμια από την 21η Αιγυπτιακή δυναστεία του 1000 π.Χ. περίπου, όπου βλέπουμε σε τομές των στεφανιαίων αρτηριών πάχυνση και εναπόθεση ασβεστίου. Από τους Αρχαίους Αιγυπτιακούς πάπυρους υπάρχουν περιγραφές στεφανιαίας νόσου και αιφνίδιου θανάτου.

Η στεφανιαία νόσος παραμένει ένα μέγιστο πρόβλημα υγείας και είναι η υπ' αριθμόν μία αιτία θανάτου στο σύγχρονο κόσμο. Είναι μία από τις πιο συχνές αιτίες θανάτου σε παγκόσμιο επίπεδο. Το 1990, η στεφανιαία νόσος προκάλεσε 6,3 εκατομμύρια θανάτους. Σε παγκόσμιο επίπεδο το 2003 το ποσοστό των θανάτων από στεφανιαία νόσο στον πληθυσμό των ΗΠΑ ήταν 162 ανά 100.000 κατοίκους.

Ασταθής στηθάγχη και και έμφραγμα μυοκαρδίου χωρίς Q αντιπροσωπεύουν 2.500.000 εισαγωγές σε νοσοκομεία ανά έτος. Κάθε χρόνο περίπου 900.000 άνθρωποι στις Ηνωμένες Πολιτείες υποφέρουν από καρδιακή προσβολή, και 225.000 από αυτούς πεθαίνουν. Το ήμισυ των θανάτων από καρδιακή προσβολή συμβαίνουν μέσα σε μια ώρα από τα συμπτώματα (αιφνίδιος καρδιακός θάνατος). Τα ποσοστά καρδιακής προσβολής είναι μεγαλύτερα στους ηλικιωμένους, είναι υψηλότερα στους άνδρες παρά στις γυναίκες, και είναι υψηλά μεταξύ των ανθρώπων με χαμηλότερη κοινωνικοοικονομική κατάσταση. Στην Ευρώπη, τα καρδιαγγειακά νοσήματα προκαλούν ετησίως 4 εκατομμύρια θανάτους, εκ των οποίων άνω των 1,5 εκατομμυρίων αντιστοιχούν στις χώρες-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αυτό ισοδυναμεί με το ήμισυ περίπου όλων των θανάτων στην Ευρώπη (48%) και στην Ε.Ε. (41%).

Η επίπτωση της στεφανιαίας νόσου, λαμβάνοντας υπόψη την κατανομή της ηλικίας στον ελληνικό πληθυσμό, εκτιμήθηκε ότι είναι 110 θάνατοι ανά 100.000 άτομα (θνησιμότητα). Με βάση το φύλο, η επίπτωση θανατηφόρων επεισοδίων της στεφανιαίας νόσου κατανέμεται ως εξής:

- 79 θάνατοι ανά 100.000 άνδρες

- 31 θάνατοι ανά 100.000 γυναίκες

Τα ποσοστά καρδιακής προσβολής είναι μεγαλύτερα στους ηλικιωμένους, είναι υψηλότερα στους άνδρες παρά στις γυναίκες, και είναι υψηλά μεταξύ των ανθρώπων με χαμηλότερη κοινωνικοοικονομική κατάσταση. Η στεφανιαία νόσος, τα εγκεφαλικά επεισόδια και η περιφερική αγγειοπάθεια αποτελούν μορφές της καρδιαγγειακής νόσου.

Ανατομία καρδιάς και στεφανιαίων αρτηριών

Η καρδιά είναι μια τετράχωρος (δύο κόλποι και δύο κοιλίες) μυϊκή αντλία για την κυκλοφορία του αίματος στο σώμα μας. Έχει 4 βαλβίδες (τριχλώχινια, πνευμονική, μιτροειδή και αορτική βαλβίδα). Επίσης έχει δύο προσαγωγά αγγεία (άνω και κάτω κοίλες φλέβες, πνευμονικές φλέβες) και δύο απαγωγά αγγεία (πνευμονική αρτηρία και αορτή).

Ο καρδιακός μυς χρειάζεται οξυγόνο και θρεπτικές ουσίες, τις οποίες παίρνει από τις στεφανιαίες αρτηρίες. Η αορτή μόλις βγει από την καρδιά και αμέσως πάνω από την αορτική βαλβίδα δίνει τη δεξιά και αριστερά στεφανιαία αρτηρία. Η δεξιά στεφανιαία διακλαδίζεται σε επιχείλιο κλάδο, οπίσθιο κατιόντα και οπισθοπλάγιο κλάδο. Η αρχή της αριστεράς στεφανιαίας ονομάζεται στέλεχος και μετά διχάζεται στον πρόσθιο κατιόντα (κλάδοι: διαγώνιοι και διαφραγματικοί) και περισπωμένη (κλάδοι: επιχείλιος).

Αθηροσκλήρυνση

Υπό την επίδραση των προδιαθεσικών παραγόντων επέρχεται δυσλειτουργία του ενδοθηλίου των στεφανιαίων αρτηριών. Εν συνεχεία η χοληστερίνη και ειδικά η LDL (κακή) χοληστερίνη εισέρχεται στο τοίχωμα του αγγείου και προσελκύει τα μονοκύτταρα που και αυτά προσλαμβάνουν χοληστερίνη. Έτσι σχηματίζεται η αθηρωματική πλάκα ή αθήρωμα.

Πώς αναπτύσσεται η αρτηριοσκλήρωση

Το τοίχωμα μιας αρτηρίας αποτελείται από διάφορα στρώματα. Η εσωτερική επένδυση ή το εσωτερικό στρώμα (ενδοθήλιο) είναι συνήθως ομαλή και συνεχής. Η αρτηροσκλήρωση αρχίζει όταν τραυματίζεται το ενδοθήλιο.

Κατόπιν ορισμένα λευκοκύτταρα του αίματος αποκαλούμενα μονοκύτταρα ενεργοποιούνται και κινούνται από το αίμα και μέσω του τραυματισμένου ενδοθηλίου μιας αρτηρίας στο τοίχωμα αυτής. Μέσα στο τοίχωμα μετασχηματίζονται σε αφρώδη κύτταρα, τα οποία είναι κύτταρα που συλλέγουν τα λιπαρά υλικά, κυρίως χοληστερόλη. Ταυτόχρονα, τα λεία μυϊκά κύτταρα κινούνται από το μέσο χιτώνα προς το ενδοθήλιο και εκεί πολλαπλασιάζονται. Επίσης συνδετικός και ελαστικός ιστός συσσωρεύεται κάτω από το ενδοθήλιο, όπως επίσης και συντρίμμια κυττάρων, κρύσταλλοι χοληστερόλης και ασβέστιο. Αυτή η συσσώρευση των αφρωδών κυττάρων, των λείων μυϊκών κυττάρων, και άλλων υλικών διαμορφώνει μια ετερόκλητη συσσώρευση αποκαλούμενη αθήρωμα ή αθηρωσκληρυντική πλάκα. Καθώς η πλάκα μεγαλώνει από τη συνεχή εναπόθεση των ανωτέρω υλικών, παχύνεται και καταλαμβάνει το εσωτερικό της αρτηρίας. Αυτό δημιουργεί τοπικά στένωση της αρτηρίας που εμποδίζει την ομαλή ροή του αίματος.

Εικόνα 1.4.1: Αρτηρίες της καρδιάς με αθηροσκλήρυνση(Πηγή : incardiology.gr)

Πώς αναπτύσσεται η αρτηριοσκλήρωση

Το τοίχωμα μιας αρτηρίας αποτελείται από διάφορα στρώματα. Η εσωτερική επένδυση ή το εσωτερικό στρώμα (ενδοθήλιο) είναι συνήθως ομαλή και συνεχής. Η αρτηροσκλήρωση αρχίζει όταν τραυματίζεται το ενδοθήλιο.

Κατόπιν ορισμένα λευκοκύτταρα του αίματος αποκαλούμενα μονοκύτταρα ενεργοποιούνται και κινούνται από το αίμα και μέσω του τραυματισμένου ενδοθηλίου μιας αρτηρίας στο τοίχωμα αυτής. Μέσα στο τοίχωμα μετασχηματίζονται σε αφρώδη κύτταρα, τα οποία είναι κύτταρα που συλλέγουν τα λιπαρά υλικά, κυρίως χοληστερόλη. Ταυτόχρονα, τα λεία μυϊκά κύτταρα κινούνται από το μέσο χιτώνα προς το ενδοθήλιο και εκεί πολλαπλασιάζονται. Επίσης συνδετικός και ελαστικός ιστός συσσωρεύεται κάτω από το ενδοθήλιο, όπως επίσης και συντρίμμια κυττάρων, κρύσταλλοι χοληστερόλης και ασβέστιο. Αυτή η συσσώρευση των αφρώδων κυττάρων, των λείων μυϊκών κυττάρων, και άλλων υλικών διαμορφώνει μια ετερόκλητη συσσώρευση αποκαλούμενη αθήρωμα ή αθηρωσκληρυντική πλάκα. Καθώς η πλάκα μεγαλώνει από τη συνεχή εναπόθεση των ανωτέρω υλικών, παχύνεται και καταλαμβάνει το εσωτερικό της αρτηρίας. Αυτό δημιουργεί τοπικά στένωση της αρτηρίας που εμποδίζει την ομαλή ροή του αίματος.

Προδιαθεσικοί παράγοντες κινδύνου

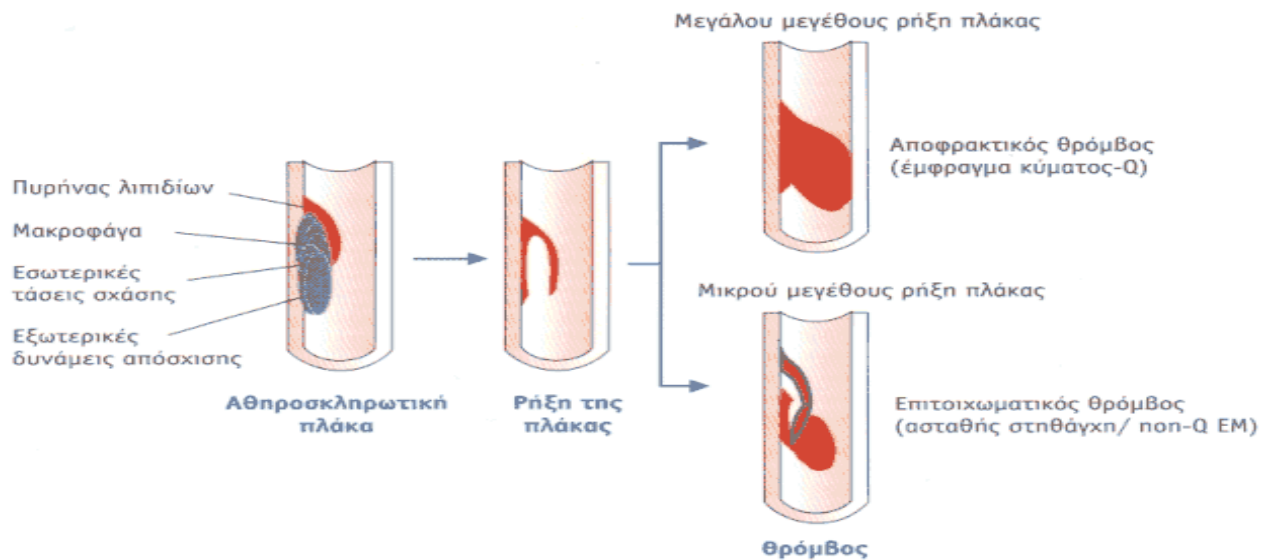
Η στεφανιαία νόσος βρίσκεται αρκετά συχνά σε άτομα που έχουν ένα ή περισσότερους προδιαθεσικούς παράγοντες ήτοι:

- ✧ **Ηλικία** (άνδρες >45 ετών, γυναίκες > 55 ετών)
- ✧ **Κληρονομικότητα** (εμφάνιση στεφανιαίας νόσου σε πατέρα ή αδελφό σε ηλικία κάτω από 55 ετών, σε μητέρα ή αδελφή σε ηλικία κάτω από 65 ετών)
- ✧ **Υπερχοληστεριναιμία** (LDL-κακή-χοληστερίνη πάνω από 130mg/dl)
- ✧ **HDL χοληστερίνη** (καλή χοληστερίνη) κάτω από 35 mg/dl. Εάν η HDL χοληστερίνη είναι πάνω από 60 mg/dl αφαιρείται ένας προδιαθεσικός παράγων
- ✧ **Σακχαρώδης διαβήτης**
- ✧ **Αρτηριακή υπέρταση** (πάνω από 140/90 mmHg)
- ✧ **Κάπνισμα**

Παθοφυσιολογία της στεφανιαίας νόσου

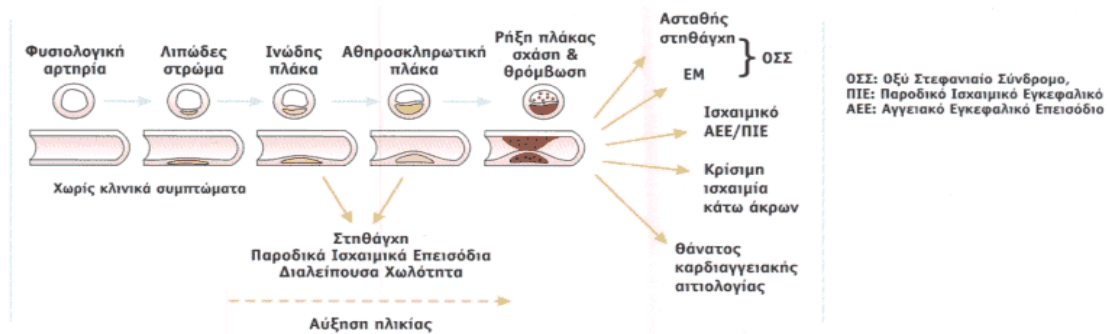
Η στένωση των στεφανιαίων αρτηριών γίνεται από το σχηματισμό μιας πλάκας (αθήρωμα) στο τοίχωμα της αρτηρίας. Με το χρόνο η πλάκα αυξάνει σε πάχος έτσι ώστε μικραίνει τη διάμετρο του αυλού της αρτηρίας δηλαδή προκαλείται στένωση του αγγείου. Η ροή του αίματος

Εικόνα 1.4.2: Αρτηρίες με αθηρωματική πλάκα (Πηγή : incardiology.gr)



Η ρήξη της πλάκας και δημιουργία θρόμβου (αθηροθρόμβωση) προκαλεί τα οξέα ισχαιμικά ή στεφανιαία σύνδρομα.

Η δημιουργία αποφρακτικού θρόμβου έχει αποτέλεσμα την παντελή και παρατεταμένη έλλειψη οξυγόνου στο μυοκάρδιο που προκαλεί νέκρωση του μυοκαρδίου (έμφραγμα). Η δημιουργία τοιχωματικού μη αποφρακτικού θρόμβου έχει αποτέλεσμα την μεγάλη μείωση οξυγόνου στο μυοκάρδιο και προκαλείται το σύνδρομο της ασταθούς στηθάγχης.



Εικόνα 1.4.3: Είδη πλάκας(Πηγή : incardiology.gr)

Κλινικές εκδηλώσεις

Έχει βρεθεί ότι το 10% περίπου των ανδρών ηλικίας 50-59 ετών έχει, έστω σιωπηλή, στεφανιαία νόσο. Σε άτομα, όμως, με συμπτώματα παρόμοια με στηθάγχη η συχνότητα, αγγειογραφικά επιβεβαιωμένης, στεφανιαίας νόσου αγγίζει το 60-90%. Η στεφανιαία νόσος μπορεί να εμφανισθεί με τις παρακάτω κλινικές μορφές:

- ▲ Σταθερή στηθάγχη
- ▲ Οξέα στεφανιαία σύνδρομα
 - ▲ Ασταθής στηθάγχη
 - ▲ Έμφραγμα του μυοκαρδίου χωρίς Q
 - ▲ Έμφραγμα του μυοκαρδίου με Q
 - ▲ Αιφνίδιος θάνατος

Ενίοτε όμως βρίσκονται βαριές αθηροσκληρυντικές αλλοιώσεις σε άτομα τα οποία ουδέποτε έχουν παρουσιάσει ενοχλήματα.

Στηθάγχη (κρίση στηθάγχης):

Σε όλες τις μορφές στεφανιαίας νόσου το σύμπτωμα που κυριαρχεί είναι οπισθοστερνικός πόνος που λέγεται στηθάγχη. Ο τυπικός στηθαγχικός πόνος εμφανίζεται ύστερα από την επίδραση κάποιου εκλυτικού παράγοντα

Οι εκλυτικοί παράγοντες της στηθάγχης είναι:

- ▲ Η κόπωση
- ▲ Το άγχος και οι έντονες συναισθηματικές καταστάσεις
- ▲ Επώδυνες καταστάσεις
- ▲ Έκθεση σε έντονο ψύχος.
- ▲ Βαρύ γεύμα

Είναι δυνατόν η κρίση στηθάγχης να εμφανίζεται στην ηρεμία χωρίς την επίδραση κάποιου εκλυτικού παράγοντα. Σε αυτές τις περιπτώσεις η στηθάγχη είναι σοβαρή και χρειάζεται εντατικότερη θεραπεία.

Η στηθάγχη αρχίζει στην οπισθοστερνική περιοχή, περιγράφεται ως αίσθημα συσφυκτικό, πίεσης, καύσου ή πνιγμονής και μπορεί να αντανakλά στα δυο χέρια, στην περιοχή του τραχήλου, της κάτω γνάθου, στη μεσοπλάτια χώρα και στο επιγάστριο. Αν ο ασθενής βρίσκεται σε κίνηση, ο πόνος τον αναγκάζει να σταματήσει.

Ορισμένες φορές, όταν ο πόνος είναι έντονος, παρουσιάζονται ιδρώτας, ναυτία ή εμετός.

Η στηθάγχη υποχωρεί με την ανάπαυση, την απομάκρυνση του εκλυτικού παράγοντα που την προκαλεί ή τη χορήγηση υπογλωσσίων δισκίων νιτρογλυκερίνης.

Συμπερασματικά

Από τα ανωτέρω φαίνεται ότι η στεφανιαία νόσος είναι μία χρόνια φλεγμονώδης κατάσταση, στην οποία εμπλέκεται η κακή (LDL)-χοληστερόλη και οι βλάβες του ενδοθηλίου (η εσωτερική στιβάδα του αρτηριακού τοιχώματος), που οδηγούν σε δύο κύριες διαδικασίες:

Αθηροσκλήρωση: συσσώρευση αθηρώματος (ενός συνδυασμού εναπόθεσης λιπώδους ινώδους ιστού, υπερπλασίας του ιστού του κυτταρικού τοιχώματος και συσσώρευσης υλικού θρόμβωσης αίματος) που προκαλεί πάχυνση της εσωτερικής στιβάδας των στεφανιαίων αρτηριών.

Θρόμβωση: παρατηρείται όταν το πεπαχυσμένο τμήμα της αρτηρίας υφίσταται ρήξη, προκαλώντας τη συγκόλληση των αιμοπεταλίων για την κάλυψη του ρήγματος. Αυτό, διεγείρει την απελευθέρωση άλλων παραγόντων πήξης που συνδυάζονται με τα αιμοπετάλια προς σχηματισμό θρόμβου, ο οποίος μπορεί να αποφράξει την αιματική ροή στην στεφανιαία αρτηρία.

1.5 ΑΙΦΝΙΔΙΟΣ ΚΑΡΔΙΑΚΟΣ ΘΑΝΑΤΟΣ

Γενικά

Αιφνίδιος καρδιακός θάνατος (ΑΚΘ) είναι ο φυσικός θάνατος λόγω καρδιακών αιτιών, με απότομη απώλεια των αισθήσεων, μέσα σε διάστημα μιας ώρας από την έναρξη των οξέων συμπτωμάτων. Μπορεί να προϋπάρχει ή όχι καρδιακή νόσος, αλλά ο χρόνος και ο τρόπος θανάτου είναι απρόσμενος.

Καρδιακή ανακοπή είναι η αιφνίδια διακοπή της καρδιακής λειτουργίας ως αντλίας, η οποία μπορεί να είναι αναστρέψιμη αν υπάρξει άμεση παρέμβαση, αλλά οδηγεί σε θάνατο χωρίς παρέμβαση.

Έχουν κατά καιρούς δοθεί πολλοί ορισμοί για τον αιφνίδιο καρδιακό θάνατο, γεγονός που οφείλεται στην οπτική γωνία από την οποία αντιμετωπίζεται το θέμα από ιατρούς διαφόρων ειδικοτήτων, νομικούς, επιδημιολόγους κλπ.

Η σοβαρότητα του προβλήματος του αιφνίδιου καρδιακού θανάτου σαν πρόβλημα δημόσιας υγείας είναι αυτονόητη, αλλά η συχνότητα του δεν είναι απόλυτα σαφής. Στις Η.Π.Α. αναφέρεται μια επίπτωση 400.000 περιστατικών ανά έτος. Ο αριθμός αυτός αντιπροσωπεύει το 50% των θανάτων καρδιακής αιτιολογίας.

Αίτια

Ο αιφνίδιος καρδιακός θάνατος οφείλεται είτε σε οξεία μηχανική δυσλειτουργία της καρδιάς, όπως στην περίπτωση ενός εκτεταμένου οξέος εμφράγματος μυοκαρδίου που οδηγεί σε ρήξη του ελευθέρου τοιχώματος της καρδιάς ή σε οξεία μη αντιρροπούμενη καρδιοαναπνευστική ανεπάρκεια, είτε σε σοβαρή αρρυθμία η οποία επηρεάζει άμεσα την αιμοδυναμική κατάσταση του ασθενούς. Οι αρρυθμίες που οδηγούν σε αιφνίδιο καρδιακό θάνατο δεν είναι οι απλές αρρυθμίες που όλοι μας αισθανόμαστε, σαν φτερουγίσμα ή αίσθημα κενού, εφόσον και οι φυσιολογικές καρδιές παρουσιάζουν αρρυθμίες που δεν έχουν καμιά επιβάρυνση στην ποσότητα της ζωής.

Οι κακοήθεις αρρυθμίες, οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε αιφνίδιο καρδιακό θάνατο, είναι η κοιλιακή ταχυκαρδία και η κοιλιακή μαρμαρυγή, οι οποίες κάνουν την καρδιά να χτυπάει με μεγάλη ταχύτητα και να μην μπορεί να διατηρήσει έτσι αποτελεσματικά την παροχή του αίματος στους ιστούς του σώματος. Η κοιλιακή ταχυκαρδία είναι «πιο αργή και ομαλή» ταχυκαρδία (150-300 σφύξεις/λεπτό), δεν οδηγεί πάντα σε αιφνίδιο θάνατο, μπορεί δηλαδή ο ασθενείς να την ανεχτεί καλά για ένα διάστημα έχοντας μόνον ένα αίσθημα παλμών και έντονη ζάλη. Η κοιλιακή ταχυκαρδία μπορεί ορισμένες φορές να αναταχτεί φαρμακευτικά, ενώ μερικές φορές είναι απαραίτητη η χορήγηση ηλεκτρικού σοκ (απινίδωση). Η κοιλιακή μαρμαρυγή αντιμετωπίζεται μόνο με απινίδωση, η οποία αν δεν γίνει μέσα στα πρώτα λεπτά από την έναρξη της σύντομα επέρχεται ο θάνατος.

Καρδιακές παθήσεις που προκαλούν αιφνίδιο καρδιακό θάνατο

Η στεφανιαία νόσος, με όλο το φάσμα των κλινικών της εκδηλώσεων, φαίνεται ότι ευθύνεται για ποσοστό τουλάχιστον 80% των περιπτώσεων αιφνίδιου καρδιακού θανάτου σε ενήλικες. Στις περιπτώσεις αυτές θα πρέπει να περιλάβουμε, εκτός από την συνήθη αθηροσκληρυντική

αιτία, τις συγγενείς ανωμαλίες των στεφανιαίων, την εμβολή των στεφανιαίων, και την στεφανιαία αρτηρίτιδα. Σε καρδιακή ανεπάρκεια ισχαιμικής αρχής ο κίνδυνος αιφνίδιου καρδιακού θανάτου είναι αντιστρόφως ανάλογος του κλάσματος εξωθήσεως. Επισημαίνεται ότι ο ΑΚΘ μπορεί να είναι η πρώτη και μοναδική εκδήλωση στεφανιαίας νόσου.

Οι μυοκαρδιοπάθειες είναι η δεύτερη συχνότερη αιτία με ποσοστό 10-15% των ΑΚΘ.

Σε ασθενείς με διατακτική μυοκαρδιοπάθεια οι μισοί θάνατοι εκδηλώνονται ως ΑΚΘ.

Το ερώτημα αν η θνητότητα της υπερτροφικής καρδιοπάθειας οφείλεται κυρίως σε αιμοδυναμικές παραμέτρους (απόφραξη) ή σε αρρυθμογένεση δεν έχει απαντηθεί σαφώς. Είναι όμως ξεκάθαρο ότι οι διάφορες μεταλλάξεις έχουν διαφορετικά ποσοστά αιφνίδιου καρδιακού θανάτου. Αν στο οικογενειακό αναμνηστικό πάσχοντος με υπερτροφική μυοκαρδιοπάθεια υπάρχουν περιπτώσεις αιφνίδιου καρδιακού θανάτου τότε η πρόγνωση είναι χειρότερη και η θεραπευτική αντιμετώπιση πρέπει να είναι πιο επιθετική.

Η αρρυθμιόγonos δυσπλασία της δεξιάς κοιλίας είναι μια μορφή γονιδιακά μεταδιδόμενης μυοκαρδιοπάθειας που προσβάλλει την δεξιά κοιλία και προδιαθέτει ιδιαίτερα για σοβαρές κοιλιακές αρρυθμίες και αιφνίδιο καρδιακό θάνατο. Μια μορφή της νόσου έχει αναγνωριστεί στην Νάξο, και ευθύνεται για την μεγάλη συχνότητα αιφνίδιου καρδιακού θανάτου σε συγκεκριμένες οικογένειες του νησιού.

Η *μυοκαρδίτιδα*, στην οξεία της φάση, μπορεί να προκαλέσει ΑΚΘ, ακόμα και χωρίς τη συνύπαρξη καρδιακής ανεπάρκειας. Το ίδιο ισχύει και για περιπτώσεις προσβολής της καρδιάς από συστηματικά νοσήματα, όπως *κολλαγοнопάθειες*, *σαρκοείδωση*, *αμυλοείδωση* κ.λ.π.

Η *κοιλιακή υπερτροφία* είναι ανεξάρτητος παράγοντας κινδύνου για ΑΚΘ, πιθανόν μέσω μηχανισμού αρρυθμογένεσης. Ενδεχομένως τα υπεύθυνα για την υπερτροφία αίτια να είναι επίσης παράγοντες κινδύνου για ΑΚΘ (π.χ. υπερτροφική μυοκαρδιοπάθεια, στένωση αορτής).

Η βαριά *στένωση αορτής* παλαιότερα ήταν συχνή αιτία ΑΚΘ. Με την καθιέρωση των χειρουργικών τεχνικών αντικατάστασης της βαλβίδος ο κίνδυνος έχει περιοριστεί σε ασθενείς αδιάγνωστους, ανεγχείρητους ή με δυσλειτουργία προσθετικής βαλβίδος. Παραμένει μετά την αντικατάσταση ο κίνδυνος θρομβοεμβολικού επεισοδίου, και ο κίνδυνος ΑΚΘ από την συχνά συνυπάρχουσα υπερτροφία αριστεράς κοιλίας ή καρδιακή ανεπάρκεια.

Η *πρόπτωση μιτροειδούς* είναι μια αρκετά συχνή ανωμαλία, η οποία συνδυάζεται με αρρυθμίες. Παρ' όλα αυτά η συχνότητα ΑΚΘ είναι σχετικά μικρή.

Οι υπόλοιπες βαλβιδοπάθειες συνδέονται πολύ σπανιότερα με ΑΚΘ.

Η *ενδοκαρδίτιδα* μπορεί να προκαλέσει ΑΚΘ λόγω ρήξης βαλβιδικού τμήματος, στεφανιαίας ή συστηματικής εμβολής. Συνήθως όμως ο θάνατος από ενδοκαρδίτιδα δεν πληρεί τα κριτήρια του ΑΚΘ.

Από τις *συγγενείς καρδιοπάθειες* συχνότερα συνδέονται με ΑΚΘ η αορτική στένωση και επικοινωνίες μεταξύ αριστερών και δεξιών κοιλοτήτων, με ανάπτυξη συνδρόμου Eisenmenger. Σε ορισμένες περιπτώσεις ο κίνδυνος ΑΚΘ παραμένει ακόμα και μετά από ικανοποιητική χειρουργική διόρθωση συγγενών καρδιοπαθειών (τετραλογία Fallot, μετάθεση μεγάλων αγγείων κλπ).

Οι *ανωμαλίες του συστήματος παραγωγής και αγωγής* του ηλεκτρικού ερεθίσματος της καρδιάς είτε συγγενείς (συγγενής πλήρης κολποκοιλιακός αποκλεισμός), είτε επίκτητες μπορεί να προκαλέσουν ΑΚΘ.

Η ύπαρξη *παραπληρωματικών δεματίων* (σύνδρομο Wolff-Parkinson-White κ.λ.π.) συνδέεται συνήθως με μη θανατηφόρες αρρυθμίες. Αν όμως το δεμάτιο έχει βραχεία ανερέθιστη περίοδο η εμφάνιση κολπικής μαρμαρυγής μπορεί να οδηγήσει σε κοιλιακή μαρμαρυγή. Αυξημένος είναι ο κίνδυνος σε ασθενείς με πολλαπλά παραπληρωματικά δεμάτια.

Η *παράταση του Q-T* διαστήματος στο ΗΚΓ προδιαθέτει για την εμφάνιση θανατηφόρων αρρυθμιών. Αυτή μπορεί να οφείλεται σε γενετικά μεταδιδόμενο νόσημα ή να είναι επίκτητη. Τα σύνδρομα Jervell και Lange-Nielsen κληρονομούνται με υπολειπόμενο αυτοσωματικό τύπο και συνοδεύονται από κώφωση. Το σύνδρομο Romano-Ward κληρονομείται με επικρατούντα αυτοσωματικό τύπο και δεν συνοδεύεται από κώφωση. Η επίκτητη παράταση του Q-T μπορεί να

οφείλεται σε αντιαρρυθμικά ή ψυχοφάρμακα, ηλεκτρολυτικές διαταραχές, τοξικές ουσίες, υποθερμία ή βλάβη του κεντρικού νευρικού συστήματος.

Πρόληψη

Η ετήσια θνητότητα από ΑΚΘ στον γενικό πληθυσμό είναι περίπου 0,2%. Το ποσοστό αυτό είναι σχετικά μικρό και σε συνδυασμό με την έλλειψη κατάλληλων μεθόδων για screening test καθιστά πρακτικά αδύνατο τον προληπτικό έλεγχο του γενικού πληθυσμού. Πρέπει όμως να καταβάλλεται προσπάθεια για έγκαιρη διάγνωση καρδιοπαθειών που μπορεί να προδιαθέτουν για ΑΚΘ, και στη συνέχεια να γίνεται διαστρωμάτωση κινδύνου για το συγκεκριμένο ασθενή.

Οι εξετάσεις που γίνονται για την αναζήτηση ασθενών υψηλού κινδύνου είναι:

- ▲ Η εκτίμηση της λειτουργικότητας της αριστεράς κοιλίας κυρίως με υπερηχοκαρδιογράφημα. Μετράται το κλάσμα εξωθήσεως της αριστεράς κοιλίας που είναι η πιο ευαίσθητη προγνωστική παράμετρος σε ασθενείς με καρδιακή νόσο.
- ▲ Η συνεχής περιπατητική ηλεκτροκαρδιογραφία (Holter ρυθμού). Αν και δίνει πληροφορίες για αρρυθμίες ή αλλοιώσεις ισχαιμικού τύπου η αξία της στον καθορισμό της πρόγνωσης είναι αμφιλεγόμενη.
- ▲ Ο ηλεκτροφυσιολογικός έλεγχος είναι κέντρο μεγάλης συζήτησης για το κατά πόσον συνεισφέρει στην πρόγνωση. Σίγουρο θεωρείται ότι η μη πρόκληση κοιλιακής ταχυκαρδίας κατά την μελέτη υποδηλώνει καλή πρόγνωση και δεν απαιτείται αντιαρρυθμική αγωγή.

1.6 ΣΤΕΦΑΝΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΚΟΙΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Γενική Περιγραφή

Η στεφανιογραφία είναι εξέταση με την οποία σκιαγραφούνται οι στεφανιαίες αρτηρίες. Έτσι απεικονίζονται διάφορες παθολογικές καταστάσεις (αθηροσκλήρυνση, θρόμβωση, συγγενείς ανωμαλίες και σπασμός) και γίνεται εκτίμηση της σοβαρότητας αυτών.

Η στεφανιογραφία αποτελεί τμήμα του καρδιακού καθετηριασμού. Γίνεται με παρακέντηση της μηριαίας αρτηρίας στη βουβωνική χώρα, ή της βραχίονας αρτηρίας στην πρόσθια επιφάνεια της καρπίας άρθρωσης. Από το σημείο της παρακέντησης εισάγονται ειδικοί καθετήρες που προωθούνται διαμέσου των αρτηριών (μηριαίας, λαγόνιας, αορτής ή βραχίονας, υποκλείδιας, αορτής) στην αριστερή κοιλία ή την ανιούσα αορτή.

Ειδικός καθετήρας εισάγεται στα στόμια των στεφανιαίων αρτηριών που βρίσκονται στην αρχή της ανιούσας αορτής, και γίνεται έγχυση σκιαγραφικού υλικού σε αυτές διαδοχικά, πάντα υπό ακτινοσκοπικό έλεγχο.

Στη στεφανιογραφία παρατηρείται η μορφολογία και η ανατομία των στεφανιαίων αρτηριών, διαπιστώνονται τυχόν στενώσεις τους (η σοβαρότητα τους και η τοπογραφική θέση τους) και τυχόν παράπλευρη κυκλοφορία. Ελέγχεται επίσης η βατότητα προηγούμενων στενώσεων που υποβλήθηκαν σε διόρθωση (αορτοστεφανιαίας παράκαμψη ή αγγειοπλαστικής).

Η στεφανιογραφία όμως εμφανίζει και κάποιους σημαντικούς περιορισμούς. Η αθηροσκλήρωση είναι μια διάχυτη νόσος του τοιχώματος και δεν εκτιμάται πάντοτε με ακρίβεια χρησιμοποιώντας αγγειογραφικές τεχνικές. Ανατομικά στοιχεία όπως οι εξελκώσεις και η ύπαρξη θρόμβου δεν

φαίνονται στην στεφανιογραφία. Οι μεταβολές του αγγειακού τόνου μπορεί να επηρεάσουν τη διάμετρο του αγγείου, το ίδιο δε μπορεί να προκληθεί από μεταβολές της γωνίωσης και του ύψους της ακτινοσκοπικής λυχνίας καθώς και από την ανομοιόμορφη έγχυση του σκιαγραφικού. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα, όμως, της μεθόδου είναι η έλλειψη συσχέτισης των αποτελεσμάτων της με φυσιολογικές μεταβλητές όπως η στεφανιαία εφεδρεία. Αν και η ελάχιστη διάμετρος του αγγείου σε μια περιοχή στένωσης είναι ο σημαντικότερος δείκτης της λειτουργικής σημασίας αυτής, μπορεί να υπάρχει διχογνωμία μεταξύ ανατομικών και λειτουργικών μεθόδων ειδικά όσον αφορά στενώσεις ενδιάμεσης βαρύτητας. Παρόλα αυτά η διάμετρος του αυλού του αγγείου συσχετίζεται με ελαττωμένη τμηματική στεφανιαία εφεδρεία.

Προετοιμασία πριν τη στεφανιογραφία

Η διαδικασία λαμβάνει χώρα στο νοσοκομείο. Συνήθως, γίνεται εισαγωγή στο νοσοκομείο την ημέρα της εξέτασης αν και σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να χρειαστεί να γίνει εισαγωγή την προηγούμενη μέρα.

Σε γενικές γραμμές τα τρόφιμα και τα υγρά απαγορεύονται 6 έως 8 ώρες πριν από την εξέταση. Ρωτήστε το γιατρό σας ποια φάρμακα πρέπει να λαμβάνεται κατά την ημέρα της στεφανιογραφίας, ιδιαίτερα εάν παίρνετε αντιπηκτικά ή αντιαιμοπεταλικά φάρμακα.

Εάν έχετε σακχαρώδη διαβήτη, ρωτήστε το γιατρό σας μήπως χρειάζεται προσαρμογή της δόσης των φαρμάκων.

Εάν είστε αλλεργικός ενημερώστε το γιατρό σας ή και τις νοσοκόμες.

Αν φοράτε οδοντοστοιχίες, γυαλιά ή ακουστικά ενημερώστε το γιατρό εάν επιτρέπεται να τα φοράτε.

Η έξοδος από το νοσοκομείο γίνεται αυθημερόν, αλλά δεν μπορείτε να οδηγήσετε. Κανονίστε κάποιον να σας μεταφέρει σπίτι μετά από την εξέταση.

Κίνδυνοι

Η συχνότητα των επιπλοκών εξαρτάται από την εμπειρία των καθετηριαστών, τη σοβαρότητα της στεφανιαίας νόσου (ασταθής στηθάγχη ή οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου) και την έκταση των αποφρακτικών αλλοιώσεων.

Οι σπουδαιότερες επιπλοκές της στεφανιογραφίας είναι: θάνατος, οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου, εγκεφαλική εμβολή και περιφερική αγγειακή θρόμβωση.

Ο αιφνίδιος θάνατος κατά τη διάρκεια της στεφανιογραφίας σχετίζεται στενά με τη βαρύτητα της στεφανιαίας νόσου και κυρίως με την παρουσία αποφρακτικής βλάβης στο στέλεχος της αριστερής στεφανιαίας.

Οι επιπλοκές από το κεντρικό νευρικό σύστημα, κυρίως η εγκεφαλική εμβολή, δημιουργούν ημιπληγία ή μόνιμη οφθαλμοπληγία. Εμβολή με αέρα προκαλεί συγχυτική μέχρι κωματώδη κατάσταση, αλλά συνήθως προσωρινού χαρακτήρα.

Το οξύ έμφραγμα κατά τη διάρκεια της στεφανιογραφίας μπορεί να προέλθει από θρομβοεμβολή, εμβολή αέρα ή αρτηριακή βλάβη από τον καθετήρα.

Η κοιλιακή μαρμαρυγή ανατάσσεται με ηλεκτρική απινίδωση. Ο πλήρης κολποκοιλιακός αποκλεισμός και η ασυστολία δεν εμφανίζονται συχνά εφόσον δεν συνοδεύουν οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου. Η επείγουσα βηματοδότηση είναι η πρότερη θεραπεία. Αγγειοκινητικές διαταραχές προκαλούν ελάττωση της καρδιακής συχνότητας, μέχρι 20 σφυγμούς ανά λεπτό. Ανατάσσονται με τη χορήγηση ατροπίνης.

Οι αντιδράσεις σε πυρετογόνες ουσίες και η υπόταση στη χορήγηση νιτρογλυκερίνης είναι προσωρινές. Οι αλλεργικές αντιδράσεις προς την ακτινοσκιαστική ουσία συνήθως έχουν το χαρακτήρα της κνίδωσης και σπάνια τη μορφή της αναφυλακτικής καταπληξίας, που αντιμετωπίζεται με ενδοφλέβια χορήγηση επινεφρίνης.

Η στεφανιογραφία θεωρείται ασφαλής μέθοδος. Ο κίνδυνος θανάτου ανέρχεται σε λιγότερο από 0,2% ενώ ο κίνδυνος σοβαρών επιπλοκών (εγκεφαλικό επεισόδιο, οξύ έμφραγμα μυοκαρδίου ή μεγάλη αιμορραγία) είναι μικρότερος από 0,5%.

Σε αυξημένο κίνδυνο είναι οι ασθενείς που παρουσιάζουν βλάβη στο στέλεχος της αριστερής στεφανιαίας αρτηρίας, στένωση και στις τρεις αρτηρίες, σοβαρού βαθμού δυσλειτουργία της αριστερής κοιλίας, βαριά στένωση της αορτικής βαλβίδας, καθώς και οι ασθενείς προχωρημένης ηλικίας.

Κοιλιογραφία

Γενικά

Η έγχυση με ειδικό εγχυτή 40-50 mg ακτινοσκιαστικής ουσίας στην αριστερή κοιλία, με σκοπό τη σκιαγράφιση της στις διάφορες φάσεις του καρδιακού κύκλου -συστολής και διαστολής -αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα της εκτίμησης της λειτουργίας της σε ασθενείς με στεφανιαία νόσο.

Η αριστερή κοιλιογραφία, με τις πληροφορίες που δίνει, συμπληρώνει την κλινική εικόνα, το ηλεκτροκαρδιογράφημα και τη στεφανιογραφία. Αιμοδυναμική μελέτη ασθενούς που δεν συμπεριλαμβάνει αριστερή κοιλιογραφία θεωρείται ατελής. Η κινηματοαγγειογραφική μελέτη της αριστερής κοιλίας δίνει πληροφορίες για τη γεωμετρία της καρδιακής σκιάς (διαμέτρους και πάχος τοιχώματος). Με τη σύγχρονη μέτρηση των διαμέτρων και των πιέσεων της αριστερής κοιλίας, καθώς και των μηχανικών παραμέτρων του μυοκαρδίου, μπορεί να εκτιμηθεί, η όλη λειτουργία της αριστερής κοιλίας, όπως ακριβώς ο φυσιολόγος μελετάει τις διάφορες παραμέτρους συσταλτικότητας του μυοκαρδίου από μια απομονωμένη δέσμη καρδιακού μυός. Η αριστερή κοιλιογραφία επιτρέπει έτσι την ακριβή εκτίμηση της αριστερής κοιλιακής υπερτροφίας και διάτασης καθώς και τον ποσοτικό προσδιορισμό της μυοκαρδιακής λειτουργίας, που είναι πολύ σημαντική από κλινική άποψη.

Η αριστερή κοιλιογραφία επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση ενός ειδικού καθετήρα, του Pigtail, που παρουσιάζει κυρτό το τελικό άκρο του και πολλαπλές οπές. Η κατασκευή του βοηθάει στη γρήγορη χορήγηση μεγάλων ποσοτήτων ακτινοσκιαστικής ουσίας, με ελάττωση της πιθανότητας πρόκλησης έκτοπων συστολών και ενδοκαρδιακής τρώσης. Ο καθετήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τη μηριαία ή βραχιόνια αρτηρία.

Οι χρησιμοποιούμενοι σήμερα εγχυτές ροής βοηθούν το χειριστή να διαλέξει τον όγκο και την ταχύτητα ροής της ακτινοσκιαστικής ουσίας. Οι εγχυτές αυτοί αναπτύσσουν αυτόματα την αναγκαία πίεση, για τη χορήγηση του όγκου της ακτινοσκιαστικής ουσίας που καθορίστηκε από το χειριστή. Η αριστερή κοιλία μελετάται σε δύο προβολές: τη δεξιά πρόσθια λοξή (30 μοίρες) και την αριστερή πρόσθια λοξή (60 μοίρες). Στη δεξιά πρόσθια λοξή προβολή εκτιμάται καλύτερα η κινητικότητα του πρόσθιου, κορυφαίου και κάτω τμήματος του τοιχώματος της αριστερής κοιλίας, καθώς και η τυχόν ύπαρξη μιτροειδικής ανεπάρκειας. Στην αριστερή πρόσθια λοξή προβολή προσδιορίζεται καλύτερα η ακεραιότητα και η κινητικότητα του μεσοκοιλιακού διαφράγματος, καθώς και η ανατομία της αορτικής βαλβίδας. Η κοιλιογραφία καταγράφεται σε κινηματογραφική ταινία ή βίντεο. Τέλος η μέτρηση της τελοδιαστολικής πίεσης και του κλάσματος εξώθησης θεωρούνται ουσιώδεις για την εκτίμηση της κλινικής εικόνας και της λειτουργικότητας του μυοκαρδίου, καθώς και ως προεγχειρητικοί δείκτες προγνωστικής αξίας. Επιπλοκές της αριστερής κοιλιογραφίας, εκτός των αναφερόμενων στο κεφάλαιο των ακτινοσκιαστικών ουσιών, είναι:

- ▲ αρρυθμίες που οφείλονται στον ερεθισμό του τοιχώματος της αριστερής κοιλίας από τον καθετήρα
- ▲ ενδομυοκαρδιακή έγχυση της ακτινοσκιαστικής ουσίας ή διάτρηση του τοιχώματος της αριστεράς κοιλίας
- ▲ συστηματική εμβολή από θρόμβους που βρίσκονται μέσα στον καθετήρα ή στην

1.7 ΑΞΟΝΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΡΔΙΑΣ

Γενικά

Η αξονική τομογραφία καρδιάς αποτελεί καινοτόμο αναιμακτη διαγνωστική μέθοδο με την οποία μπορούν να απεικονιστούν με ακρίβεια η καρδιά και τα στεφανιαία αγγεία της. Πρόκειται για μια εξαιρετικά απλή εξέταση που δεν απαιτεί καμία προετοιμασία. Η ενδοφλέβια χορήγηση σκιαγραφικού υλικού επιτρέπει την απεικόνιση των στεφανιαίων αγγείων, έτσι ώστε να είναι δυνατόν να εντοπιστούν οι στενώσεις.

Οι πρώτες προσπάθειες για την απεικόνιση της καρδιάς ήταν στις πρώιμες ημέρες της αξονικής τομογραφίας στη δεκαετία του 1970. Λόγω της γρήγορης κίνησης της καρδιάς, μόνο μεγάλοι όγκοι ήταν προσβάσιμοι στην απεικόνιση. Η επόμενη γενιά αξονικών τομογράφων της δεκαετίας του 1980 άρχισε να απεικονίζει τα στεφανιαία αγγεία αλλά με εικόνες οι οποίες δεν επέτρεπαν ακόμα διάγνωση. Με την περαιτέρω βελτίωση των αξονικών τομογράφων, από 1990 και μετά, υπήρξαν ραγδαίες πρόοδοι και εξελίξεις στην απεικόνιση της καρδιάς.

Σήμερα, με την ανάπτυξη νέων μηχανημάτων και την υποστήριξη των υπολογιστών, η απεικόνιση στεφανιαίων αρτηριών είναι εφικτή σε διαγνωστικό επίπεδο. Τα νέα μηχανήματα διαθέτουν τεχνολογία ανιχνευτών λυχνιών διπλής ενέργειας (dual source xray tube) με λήψη εικόνων σε λιγότερο από 330ms. Οι αξονικοί τομογράφοι με διπλή λυχνία, που τέθηκαν σε λειτουργία μετά το 2005, επιτρέπουν υψηλότερη χρονική ανάλυση με την απόκτηση μιας ολόκληρης εικόνας μόνο με τη μισή περιστροφή και επιπλέον μειώνοντας τη θολερότητα της καρδιακής κίνησης κατά τη διάρκεια των γρήγορων χτύπων της καρδιάς. Έτσι η απεικόνιση ολόκληρης της καρδιάς πραγματοποιείται μέσα σε 10 δευτερόλεπτα! Αυτό, ιδιαιτέρως, μας διευκολύνει στην περίπτωση των ταλαιπωρημένων ασθενών, που έχουν δυσκολία στο να κρατούν την αναπνοή τους, ή αυτών που έχουν αρρυθμία ή ταχυκαρδία. Η απεικόνιση γίνεται με ταυτόχρονη χρήση ηλεκτροκαρδιογραφήματος. Έτσι, απεικονίζεται η καρδιά στις διάφορες κινητικές φάσεις λειτουργίας.

Η υπερβολικά εξελισσόμενη σύγχρονη τεχνολογία, στις ημέρες μας, επιτρέπει να διεκπεραιώνουμε μια αξονική τομογραφία των στεφανιαίων αγγείων με τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα και με το μικρότερο βαθμό παρέμβασης για τον ασθενή. Η πιο συναρπαστική εφαρμογή είναι η απεικόνιση των στεφανιαίων αρτηριών, ο οποία μέχρι σήμερα απαιτούσε την άμεση και επεμβατική πράξη καρδιακού καθετηριασμού. Μπορεί όχι μόνο να προσδιοριστεί η σοβαρότητα της στένωσης του στεφανιαίου αγγείου, αλλά και η κατάσταση της αρτηριοσκληρυντικής πλάκας που δημιουργεί τη στένωση της αρτηρίας. Μπορεί, επίσης, να αναγνωρισθούν διάφορα στάδια της αθηρωματικής πλάκας, από τα αρχικά στάδια της μαλακής χοληστερινικής, αθηρωματικής πλάκας έως και τη σκληρή ασβεστωμένη πλάκα, η οποία συναντάται σε πιο χρόνιες ασθένειες των στεφανιαίων αρτηριών. Στους ασθενείς που έχουν ήδη υποβληθεί σε διαδικασίες αποκατάστασης τμήματος των στεφανιαίων αρτηριών, (πχ stent και bypass) μπορούν να απεικονισθούν τα αγγεία τους χωρίς παρεμβολές σαν μια επεμβατική ψηφιακή στεφανιογραφία.

Είναι άγνωστο ακόμα κατά πόσο ο τρόπος αυτός θα αντικαταστήσει τον στεφανιαίο καθετηριασμό. Επί του παρόντος, φαίνεται ότι η μεγαλύτερη χρησιμότητα της αξονικής τομογραφίας στεφανιαίων αγγείων έγκειται στον ότι μπορεί να αποκλείσει την ύπαρξη νόσου των στεφανιαίων αρτηριών παρά να την καθορίσει. Αυτό συμβαίνει επειδή η εξέταση έχει ιδιαίτερα υψηλές ευαισθησία (περισσότερο από 90%) και ένα μη παθολογικό αποτέλεσμα σημαίνει, ότι ο ασθενής είναι μάλλον απίθανο να έχει τη νόσο των στεφανιαίων αρτηριών και έτσι μπορεί να ελεγχθεί για άλλα αίτια που προκαλούν τα συμπτώματά του.

Διαδικασία

Η εξέταση ολοκληρώνεται σε 8 έως 10 δευτερόλεπτα ενώ η παραμονή του εξεταζόμενου στο θάλαμο είναι από 15-20 λεπτά.

Κατά την εξέταση ο ασθενής βρίσκεται σε ύπτια θέση. Σε πρώτη φάση χορηγείται σκιαγραφικό υλικό με φλεβοκαθετήρα που τοποθετείται στο βραχίονα. Κατά την χορήγηση μπορεί να παρουσιαστεί σύντομη, έντονη αίσθηση θέρμης. Αυτή συνήθως περνάει μετά από λίγα δευτερόλεπτα. Ο φλεβοκαθετήρας αφαιρείται από τον βραχίονα μισή ώρα περίπου μετά την εξέταση.

Κατά τη διάρκεια της εξέτασης, ο ασθενής βρίσκεται μόνος του στην αίθουσα, αλλά έχει άμεση οπτικοακουστική επαφή με τον χειριστή του μηχανήματος.

Στα συστήματα αξονικής τομογραφίας, η ακτινολογική λυχνία περιστρέφεται συνεχώς γύρω από τον ασθενή. Απέναντι από την ακτινολογική λυχνία, στην άλλη πλευρά του ασθενή, βρίσκεται το σύστημα ανίχνευσης των ακτίνων Χ, το οποίο αποτελείται από πολυάριθμους μικρούς ανιχνευτές.

Η εξέταση στους σύγχρονους αξονικούς τομογράφους, γίνεται χωρίς την χορήγηση φαρμάκων για την μείωση του καρδιακού ρυθμού, όπως απαιτούσαν τα συστήματα προηγούμενης γενιάς.

Σε ποιους ασθενείς ενδείκνυται η αξονική στεφανιογραφία καρδιάς;

▲ Η αξονική στεφανιογραφία καρδιάς ενδείκνυται σε ασθενείς οι οποίοι είναι ασυμπτωματικοί αλλά έχουν 2 ή περισσότερους προδιαθεσικούς παράγοντες για ανάπτυξη στεφανιαίας νόσου, όπως αυξημένη χοληστερόλη αίματος, αυξημένες τιμές αρτηριακής πίεσης ή παρουσία σακχαρώδη διαβήτη.

▲ Η εξέταση ενδείκνυται επίσης όταν άλλες διαγνωστικές εξετάσεις, όπως π.χ. η δοκιμασία κόπωσης ή το σπινθηρογράφημα καρδιάς, απέφεραν ασαφή ευρήματα.

▲ Ο ασθενής με τύπου θωρακικό άλγος. Η αξονική τομογραφία στεφανιαίων αγγείων είναι η καλύτερη μη επεμβατική μέθοδος για την άμεση απεικόνιση στεφανιαίων αγγείων αυτών των ασθενών.

▲ Σε περίπτωση υποψίας καρδιακών και περικαρδιακών ανατομικών ανωμαλιών και προς αποκλεισμό όγκων θρόμβων κτλ.

▲ Για την εκτίμηση ανώμαλων εκφύσεων στεφανιαίων αρτηριών.

▲ Σε ασθενείς που έχουν ήδη υποβληθεί σε αποκατάσταση τμήματος των στεφανιαίων αγγείων για την εκτίμηση βατότητας των stent και bypass.

▲

Συγκριση αξονικής στεφανιογραφίας με τις άλλες στεφανιογραφίες

Κλασική στεφανιογραφία: Παραμένει εξέταση εκλογής στη μέτρηση του βαθμού των στενώσεων και καθορίζει σε σημαντικό βαθμό την θεραπευτική αγωγή. Η αξονική στεφανιογραφία έχει τρία σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι της κλασικής: Το αναίμακτο της εξέτασης, την υψηλή αρνητική προγνωστική αξία και την άμεση ανάδειξη και το χαρακτηρισμό της ποιότητας των αθηρωματικών πλακών.

Μαγνητική στεφανιογραφία: Η διακριτική ικανότητα αυτής είναι μικρότερη της αξονικής. Επίσης, η εξέταση είναι πιο δύσκολη στην εκτέλεσή της και κυρίως στερείται σταθερότητας στην ποιότητα του αποτελέσματος. Τουλάχιστον στο εγγύς μέλλον η αξονική στεφανιογραφία θα επικρατεί στη μη επεμβατική απεικόνιση των στεφανιαίων.

Αντενδείξεις

▲ Παρουσία πολλών αποπιτανώσεων: Αποτελεί το συχνότερο παράγοντα μείωσης της

απόδοσης της μεθόδου. Οι έντονες τοιχωματικές αποτιτανώσεις δυσχεραίνουν τη μελέτη του αυλού των στεφανιαίων αρτηριών.

▲ Νεφρική ανεπάρκεια.

▲ Αλλεργία στα σκιαγραφικά λόγω της χορήγησης ιωδιούχου σκιαγραφικού ενδοφλεβίως: Η ποσότητα που χρησιμοποιείται είναι συνήθως 80-100 ml.

▲ Αρρυθμία, ταχυκαρδία. Προκαλούν κινητικά παράσιτα τα οποία όμως με τη χρήση σύγχρονων τομογράφων είναι περιορισμένα.

Πόση ακτινοβολία έχει η αξονική στεφανιογραφία

Οι δημοσιευμένες μετρήσεις δόσης ακτινοβολίας για μια εξέταση αξονικής στεφανιογραφίας ποικίλουν σημαντικά από 8 έως 20 mSvs. Με ειδικά προγράμματα μείωσης της ακτινοβολίας η δόση ευρίσκεται στα επίπεδα της κλασικής στεφανιογραφίας ή του σπινθηρογραφήματος καρδιάς.

Η αξονική τομογραφία καρδιάς πρέπει να διενεργείται μετά από πλήρη κλινική εξέταση από ιατρό καρδιολόγο

Συγκεκριμένα, η αρνητική διαγνωστική αξία (NPV) της εξέτασης, που σημαίνει ότι ο ασθενής δεν έχει στεφανιαία νόσο, είναι 99,4%, ενώ η θετική διαγνωστική αξία (PPV), στην περίπτωση κατά την οποία ο ασθενής πιθανότατα έχει σημαντικές στενώσεις των στεφανιαίων αγγείων του, είναι 85,7%.

1.8 ΑΓΓΕΙΟΠΛΑΣΤΙΚΗ

Γενικά

Η αγγειοπλαστική των στεφανιαίων αρτηριών αποκαλούμενη και μερικές φορές μπαλονάκι ή PTCA ή PCI, είναι μια θεραπευτική πράξη που εκτελείται από καρδιολόγους προκειμένου να ανοιχτεί η αποφραγμένη στεφανιαία αρτηρία και να αποκατασταθεί η ροή αίματος στο μυοκάρδιο.

Εφαρμόζεται στη θεραπεία της στεφανιαίας νόσου και η αρχή της στηρίζεται στη διάταση της στενωμένης αρτηρίας με ειδικό μπαλόνι και τοποθέτηση εν συνεχεία ειδικού μεταλλικού σκελετού σαν νάρθηκας (stent) για να κρατάει τη στεφανιαία αρτηρία ανοικτή.

Η αγγειοπλαστική δίνει λύση ανακούφισης από τα συμπτώματα στους πάσχοντες από στηθάγχη προσπάθειας που διαθέτουν κατάλληλο αριθμό και ανατομία των στεφανιαίων Βλαβών τους.

Επίσης είναι μέθοδος εκλογής για την διάνοιξη της υπεύθυνης βλάβης στο αγγείο που προκάλεσε ένα οξύ στεφανιαίο επεισόδιο.

Η αγγειοπλαστική χρησιμοποιείται ως εναλλακτική διεργασία στη χειρουργική επέμβαση παράκαμψης των στεφανιαίων αρτηριών (by-pass). Είναι λιγότερο αιματηρή του bypass, λιγότερο ακριβή, πιο σύντομη ενώ ο ασθενής επιστρέφει συνήθως στο σπίτι του την επόμενη ημέρα.

Σύντομη ιστορία του Stent - Επαναστένωση

Η έννοια του stent δημιουργήθηκε μετά τη χρήση των μπαλονιών για τη διαστολή των στεφανιαίων αρτηριών (αγγειοπλαστική) την πρώτη δεκαετία χρήσης τους (1977-87). Και τούτο γιατί η αγγειοπλαστική δημιουργούσε ένα σοβαρό πρόβλημα. Περίπου 30% των στεφανιαίων αρτηριών που διατεινόταν μέσα στο πρώτο εξάμηνο λόγω μιας υπερπλαστικής αντίδρασης του

τοιχώματος της αρτηρίας από το τραυματισμό της, λόγω της διάτασης του μπαλονιού ξανάκλεινε ή δημιουργούσε σοβαρή στένωση. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα ήταν η εγχείρηση bypass.

To πρώτο Stent

Η σκέψη για λύση αυτού του προβλήματος ήταν απλή. Να δημιουργεί ένας σωλήνας ή ένας "νάρθηκας" από μέταλλο που να τοποθετείται στο στεγνωμένο σημείο της αρτηρίας και να την κρατά ανοικτή. Έτσι δημιουργήθηκαν τα stent που αποτελούνται από ένα ελαστικό μέταλλο σαν πλέγμα τοποθετημένο πάνω από ένα μπαλόνι αγγειοπλαστικής που βρίσκεται στο άκρο ενός ειδικού καθετήρα. Το stent μόλις τοποθετηθεί πάνω από τη στένωση εκπύσσεται κατά πλάτος με το φούσκωμα του μπαλονιού. Το 1986, στην Τουλούζη της Γαλλίας, ο Zak Puel και ο Ulrich Sigwart τοποθέτησαν το πρώτο stent σε μια ανθρώπινη στεφανιαία αρτηρία. Το 1994 το πρώτο Palmaz-Schatz stent εγκρίθηκε για χρήση στις Ηνωμένες Πολιτείες. Κατά τη διάρκεια της επόμενης δεκαετίας, διάφορες γενεές, από γυμνό μέταλλο, stent αναπτύχθηκαν, με όλο και καλύτερα αποτελέσματα

Αλλά ενώ τα γυμνά stents ουσιαστικά μείωσαν σημαντικά το ποσοστό επαναστένωσης δεν το εξάλειψαν. Έτσι σε ένα ποσοστό 25% των περιπτώσεων στους έξι μήνες χρειαζόνταν επανάληψη της αγγειοπλαστικής ή τη διενέργεια bypass. Η επαναστένωση οφειλόταν κύρια σε παθολογικά υπερβολική αύξηση των λείων μυϊκών ινών του τοιχώματος της αρτηρίας από το φούσκωμα του μπαλονιού και τον αποκαλούμενο από τον Andreas Gruentzig "ελεγχόμενο τραυματισμό"

Stents με απελευθέρωση φαρμάκου (Drug-Eluting Stent)

Από τη χρήση των stent κατανοήθηκε ότι η λύση του προβλήματος της επαναστένωσης δεν θα προερχόταν από τη καθαρώς βελτίωση της μηχανικής λειτουργίας του stent αλλά με άλλο τρόπο και μάλιστα από τις φαρμακολογικές προόδους. Εάν η ιατρική χρησιμοποιεί το κυκλοφορικό σύστημα του ανθρώπου ως "εθνική οδό" για να εφαρμόσει μια θεραπεία με διάφορες συσκευές, θα μπορούσε επίσης να το χρησιμοποιήσει για τη χορήγηση τοπικά κάποιου φαρμάκου. Έτσι δοκιμάστηκαν διάφορα φάρμακα που ήταν γνωστό ότι διακόπτουν τις βιολογικές διαδικασίες που προκαλούν τη επαναστένωση. Τα stents «ντύθηκαν» με αυτά τα φάρμακα, που προσαρμόστηκαν σε ένα λεπτό πολυμερές στρώμα στην εξωτερική πλευρά του stent.

Μερικές φορές τα stent αυτά αναφέρονται και ως "ντυμένα" ή "εμποτισμένα" stent και χαρακτηρίζονται από τρία στοιχεία.

- ▲ Ο τύπος του stent που φέρνει το επίστρωμα φαρμάκου
- ▲ Ο τρόπος απελευθέρωσης του φαρμάκου
- ▲ Το είδος του φαρμάκου που απελευθερώνεται και το πώς ενεργεί στο αρτηριακό τοίχωμα για να αποτρέψει την επαναστένωση

Μια άλλη βασική παράμετρος για την επιτυχή τοποθέτησή του είναι η ικανοποιητική διάταση αυτού ώστε να μη παραμένουν κενά μεταξύ του stent και του αρτηριακού τοιχώματος τα οποία μπορεί να οδηγήσουν σε σοβαρά προβλήματα όπως η οξεία ή υποξεία θρόμβωση

Συνήθως η επιλογή του μεγέθους και της διάτασης γίνεται κατά την διάρκεια της στεφανιογραφίας, στο εργαστήριο καθετηριασμών, αν και μερικοί καρδιολόγοι χρησιμοποιούν

περισσότερες αναλυτικές πληροφορίες που λαμβάνονται μέσω της ενδοαγγειακής απεικόνισης υπερήχων με ειδική συσκευή καθετήρα (ενδοστεφανιαίο υπερηχογράφημα)

Επαναστένωση μετά την Αγγειοπλαστική

Το πιο σοβαρό πρόβλημα με την αγγειοπλαστική με μπαλόνι που δημιουργείται είναι η επαναστένωση αφού το ένα τρίτο των ασθενών μέσα στο πρώτο εξάμηνο επιστρέφει στο νοσοκομείο με τα ίδια συμπτώματα που είχε πριν την αγγειοπλαστική λόγω επαναστένωσης της διατεθείσας αρτηρίας.

Θεωρείται ότι ο μηχανισμός αυτού του φαινομένου, δεν είναι η πρόοδος της αθηροσκλήρωσης των στεφανιαίων αρτηριών, αλλά μάλλον η απάντηση υπερπλαστικών μηχανισμών στο "τραυματισμό" του αγγείου από τη διάταση. Σε αυτή τη περίπτωση πρέπει να διενεργηθεί και πάλι αγγειοπλαστική

Η χρήση των stents έχει μειώσει το ποσοστό επαναστένωσης και επανάληψης της αγγειοπλαστικής. Το πρόβλημα έχει ακόμα περιορισθεί καθώς νέοι τύποι stent που απελευθερώνουν φάρμακα έχουν κυκλοφορήσει τελευταία.

Τα stent που ελευθέρωναν ακτινοβολία β ή γ αποσύρθηκαν αφού δεν ήταν αποτελεσματικά. Στην τρέχουσα μάχη, λοιπόν, για να μειώσουν την επαναστένωση, μπήκαν τα stent που απελευθερώνουν διάφορες φαρμακευτικές ουσίες. Τα stent αυτά "ντύνονται" απέξω με ένα στρώμα φαρμάκου (ανοσοκαταστατικό ή αντιβιοτικό) που απελευθερώνεται σιγά. Από διάφορες μελέτες έχουν παρουσιάσει πολύ μειωμένα ποσοστά επαναστένωσης.

Στη πράξη για χρήση κυκλοφορούν δυο τύποι:

- Το CYPHER™ stent από το CORDIS/Johnson & Johnson
- Το TAXUS™ της Boston Scientific's

Πρόσφατες εξελίξεις

Από τις καινοτομίες στις ενδοστεφανιαίες προθέσεις (stent), τα επικαλυμμένα με φάρμακο έδειξαν να μειώνουν την επαναστένωση (drug eluting stent, DES) σε σχέση με τα χωρίς φάρμακο (γυμνά stent) και να ανταγωνίζονται ακόμα και το χειρουργείο σε τριαγγειακή νόσο. Δεν έδειξαν όμως να μειώνουν τις σοβαρές επιπλοκές του επανεμφράγματος και του θανάτου. Τα DES αποτελούν το δεύτερο μεγάλο σταθμό στην εξέλιξη της επεμβατικής καρδιολογίας μετά την εισαγωγή της αγγειοπλαστικής των στεφανιαίων αρτηριών (μπαλονάκι) το 1977. Αυτό συμβαίνει γιατί η εφαρμογή των γυμνών stent αν και μείωσε σημαντικά το πρόβλημα της επαναστένωσης, προσέθεσε και μία νέα νοσολογική οντότητα, την επαναστένωση στο stent, που συναντάται σε ένα ποσοστό 20-40% των ασθενών που φέρουν stent.

Σήμερα έχουμε στην κλινική πράξη δυο ασφαλή και αποτελεσματικά DES με ραπαμυσίνη (cypher stent) και πακλιταξέλη (taxus stent) που έχουν εμφυτευτεί σε σχετικά μεγάλο αριθμό ασθενών και έχει αποδειχθεί ότι η χρήση τους είναι ασφαλής και αποτελεσματική στην καθημερινή κλινική πράξη, ελαττώνοντας τόσο την ανάγκη νέας επέμβασης επαναγγείωσης, όσο και τα μείζονα καρδιακά συμβάντα συγκριτικά με τα συμβατικά stent σε διάστημα παρακολούθησης μέχρι και δύο ετών. Ωστόσο, η χρήση των DES δεν συνδέθηκε με μείωση της θνητότητας ή του εμφράγματος του μυοκαρδίου. Με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης REALITY, που συγκρίθηκαν τα δυο stent, δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Όσον αφορά στους διαβητικούς ασθενείς, η χρήση των DES μείωσε σημαντικά το ποσοστό επαναστένωσης και την ανάγκη επανεπέμβασης συγκριτικά με τα γυμνά stent, αλλά

εξακολουθεί να υπάρχει το θεραπευτικό χάσμα ανάμεσα σε διαβητικούς και μη διαβητικούς. Παρ' όλα όμως τα καλά αποτελέσματα με τα DES υπάρχουν και κάποια ερωτήματα όπως π.χ. η όψιμη θρόμβωση και οι αντιδράσεις υπερευαισθησίας που κυρίως αποδίδονται στο πολυμερές αλλά ακόμη δεν έχουν πλήρως διευκρινισθεί. Πρέπει να τονισθεί ότι η χρήση των DES επιβάλλει τη χορήγηση διπλής αντιαίμοπεταλιακής αγωγής, με ασπιρίνη και κλοπιδογρέλη τουλάχιστον πέραν του εξαμήνου.

Απεικόνιση Stent με τη χρήση Αξονικού Τομογράφου

2.1 ΑΞΟΝΙΚΟΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΣ-ΓΕΝΙΚΑ

Η Αξονική τομογραφία (ΑΤ) ή Υπολογιστική τομογραφία (στα Αγγλικά αρχικά Axial Tomography, σήμερα Computed Tomography – CT ή CAT Computed Axial Tomography) είναι ακτινολογική μέθοδος απεικόνισης .

Η υπολογιστική τομογραφία (CT) επίσης είναι μια ιατρική μέθοδος εξέτασης του ανθρώπινου σώματος που χρησιμοποιεί την τομογραφία που δημιουργείται από την επεξεργασία δεδομένων με τη βοήθεια υπολογιστών.

Μπορεί να απεικονίσει σε τομές ολόκληρο το σώμα, χρησιμοποιώντας την ακτινοβολία Χ. Μια ειδική ψηφιακή γεωμετρική επεξεργασία χρησιμοποιείται για να παραγάγει μια τρισδιάστατη εικόνα του εσωτερικού ενός αντικειμένου από μια μεγάλη σειρά δισδιάστατων εικόνων ακτίνας Χ που λαμβάνονται γύρω από έναν ενιαίο άξονα περιστροφής. Το CT παράγει έναν όγκο στοιχείων που μπορεί να χειριστεί, μέσω μιας διαδικασίας γνωστής ως «windowing», προκειμένου να καταδειχθούν οι διάφορες σωματικές δομές βασισμένες στη δυνατότητά τους να εμποδίσουν την ακτίνα Χ(την ακτίνα Röntgen)στη διέλευση της μέσα από αυτές. Αν και αποτελεί την πιο κοινή διάταξη στην ιατρική, το CT χρησιμοποιείται επίσης σε άλλους τομείς, όπως στη μη καταστρεπτική δοκιμή υλικών.

Ένα άλλο παράδειγμα είναι η χρήση ανιχνευτή CT στα βιολογικά και παλαιοντολογικά δοκίμια που μελέτωνται σε ερευνητικά εργαστήρια.

Ετυμολογία

Η ετυμολογία της λέξης «τομογραφία» προέρχεται από την λέξη 'τόμος' και 'γραφή', γεγονός που καταδεικνύει την παρουσίαση σε "φέτες" του ανθρώπινου σώματος ή του δοκιμίου σε κάθε περίπτωση, που εξετάζεται.

Ακτίνες Rontgen- Χ

Ορισμός-Ιστορικά στοιχεία

Ακτίνες Χ ή ακτίνες Röntgen αποκαλούμε ένα τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος στην περιοχή μήκους κύματος μεταξύ 10nm με 10 pm, που αντιστοιχεί σε περιοχή συχνότητας από 30PHz - 30HHzκαι σε περιοχή ενέργειας 20 eV- 120 keV. Αυτό το τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος βρίσκεται μεταξύ των τμημάτων της υπεριώδους ακτινοβολίας και των ακτίνων γ_γ. Η δεύτερη ονομασία της ακτινοβολίας προέρχεται από το όνομα ενός από τους πρώτους ερευνητές της,του Γερμανού φυσικού Wilhelm Röntgen που τις ανακάλυψε το 1895. Όμως, οι ακτίνες Χ ανήκουν στις ιοντίζουσες ακτινοβολίες, αφού η ενέργειά τους είναι ικανή να προκαλέσει το ιονισμό ατόμων και μορίων από αριθμό εσωτερικών τους ηλεκτρονίων. Επομένως παρουσιάζει κινδύνους βλαβών σε ζωντανούς οργανισμούς και όχι μόνο.

Οι ακτίνες Χ διαχωρίζονται σε 2 υποπεριοχές μήκους κύματος, συχνότητας και ενέργειας:

1. . «Μαλακές ακτίνες Χ»: 10 nm - 100 pm, 30 PHz - 3 HHZ, 120 eV - 12 keV.
2. . «Σκληρές ακτίνες Χ»: 100 - 10 pm. 3 - 30 HHZ, 12 - 120 keV.

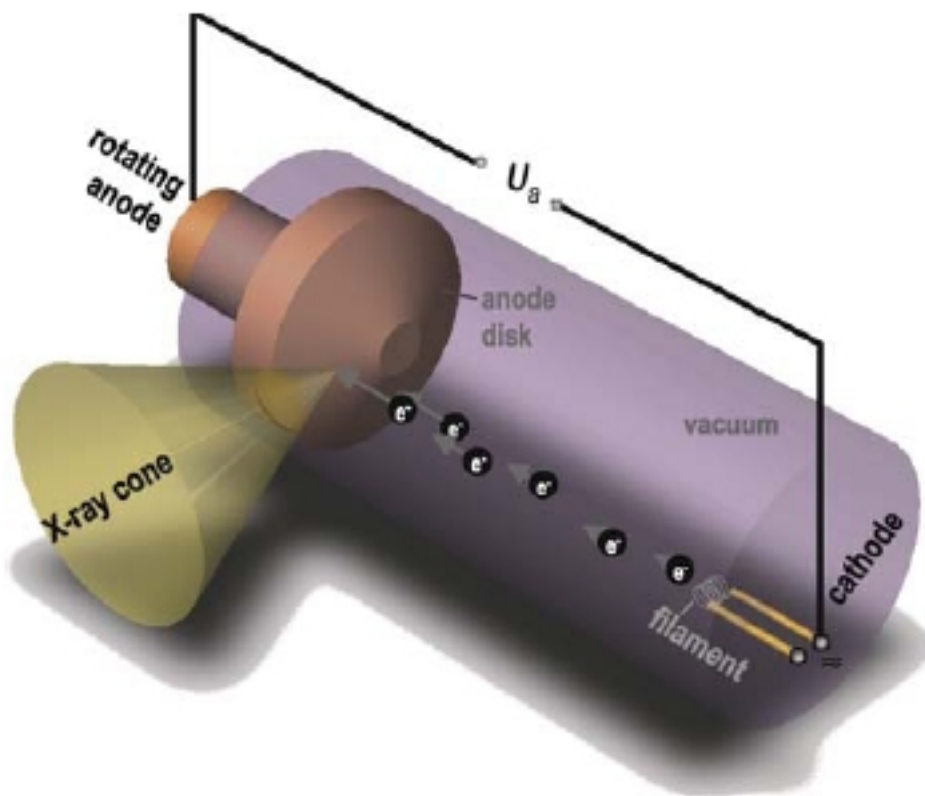
Παράγωγη ακτίνων Χ

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος παραγωγής ακτίνων Χ είναι μέσω της επιτάχυνσης ηλεκτρονίων από δυναμικό τάξης μεγέθους των δεκάδων χιλιάδων βολτ και πρόσπτωσή τους σε στόχο ο οποίος αποτελείται από μεταλλικό υλικό μεγάλου ατομικού αριθμού . Η ενέργεια της ακτινοβολίας εξαρτάται από την ταχύτητα του ηλεκτρονίου και η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από την επιτάχυνση που αποκτά από τον καθοδικό σωλήνα. Επομένως εξαρτάται από τη διάφορα δυναμικού μεταξύ ανόδου και καθόδου . Από την σχέση αυτή μπορούμε να προσδιορίσουμε την ταχύτητα του ηλεκτρονίου

$$eU_a = \frac{1}{2} m_e v^2$$

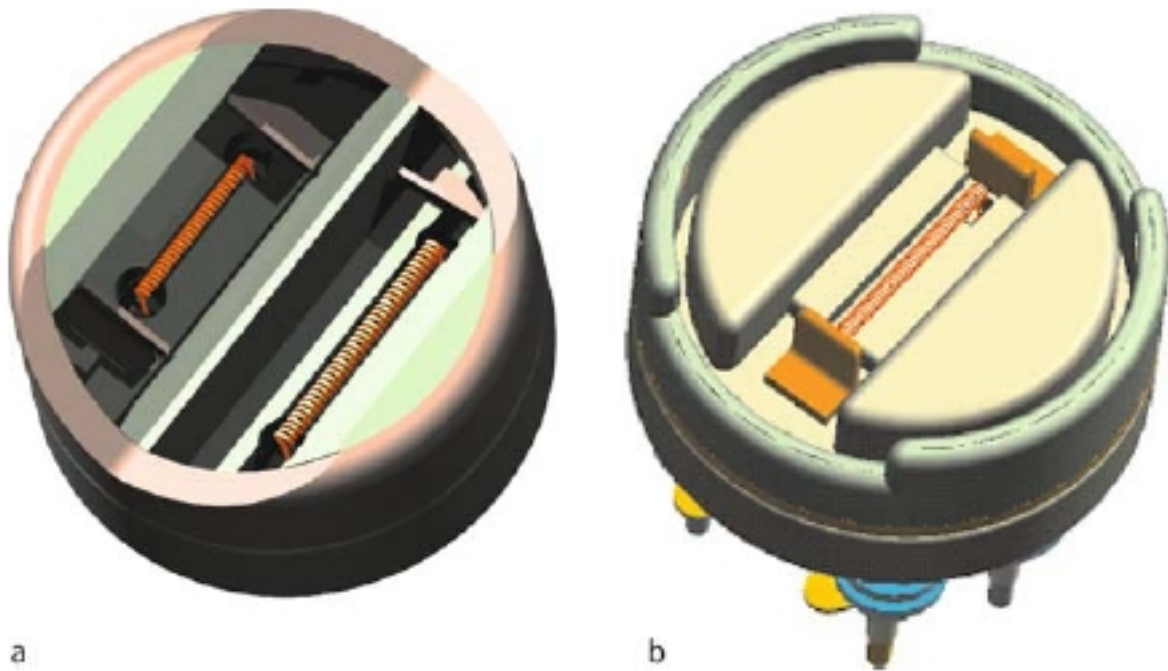
Καθοδικός σωλήνας

Στην ιατρική διάγνωση χρησιμοποιούνται τάσεις για την επιτάχυνση ηλεκτρονίων από 25kV-150kV ενώ για ακτινοθεραπεία από 10kV-300kV. Αντιθέτα για τον έλεγχο υλικών μπορεί να έχουμε και τάσεις έως 500kV.



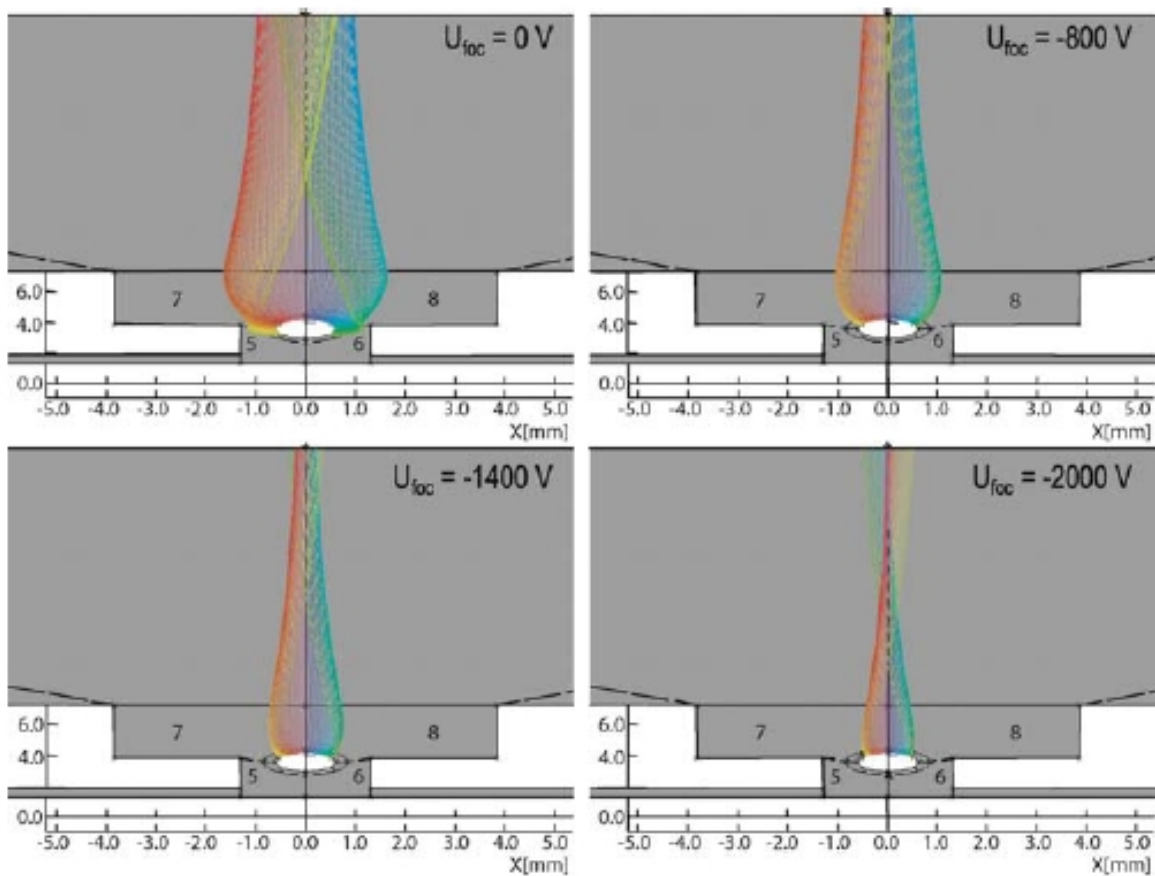
Εικόνα 2.1.1: Καθοδικός σωλήνας εκπομπής ακτίνων Χ (Πηγή : Πηγή : Computed Tomography , Thorsen M. Buzug, 2008 εκδ. Springer)

Αυτή είναι μια σχηματική αναπαράσταση του καθοδικού σωλήνα . Παρατηρούμε λοιπόν πως ηλεκτρόνια μέσω θερμιονική εκπομπής στην κάθοδο εκπέμπονται και επιταχύνονται από τη διάφορα δυναμικού με κατεύθυνση προς την άνοδο (στόχος). Μάλιστα το νήμα της καθόδου θερμαίνεται στους 2400K ώστε να έχουμε την απόσπαση ηλεκτρονίων για το λόγο αυτό είναι συνήθως κατασκευασμένο από θοριοειχό βολφράμιο. Η ακτίνα των ηλεκτρονίων τώρα κατευθύνεται με τη βοήθεια κυλινδρικών ηλεκτροδίων τα οποία εμπεριέχουν την κάθοδο . Με τον τρόπο αυτό η ακτίνα των ηλεκτρονίων εστιάζεται σε μια μικρή περιοχή πάνω στην άνοδο διαμέτρου από 0,5mm-1,5mm.



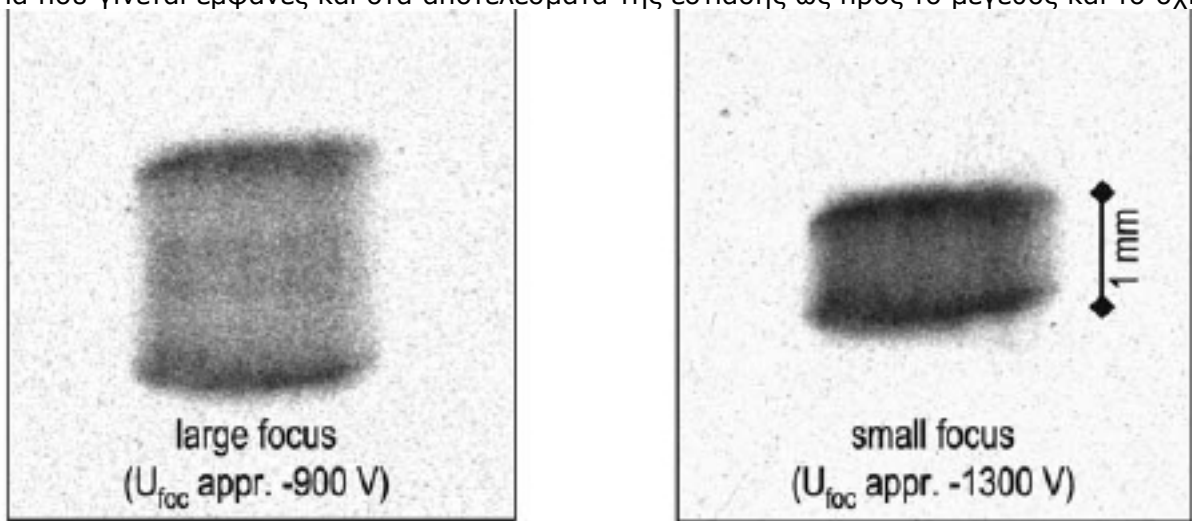
Εικόνα 2.1.2: α)Κάθοδος β) Άνοδος αξονικού τομογράφου(Πηγή : Πηγή : Computed Tomography , Thorsen M. Buzug, 2008 εκδ.Springer)

Στο παρακάτω σχήμα παρατηρούμε με τη βοήθεια εξομοιωτή, πως όσο υψηλότερη είναι η διάφορα δυναμικού τόσο καλύτερη είναι η εστίαση πάνω στην άνοδο



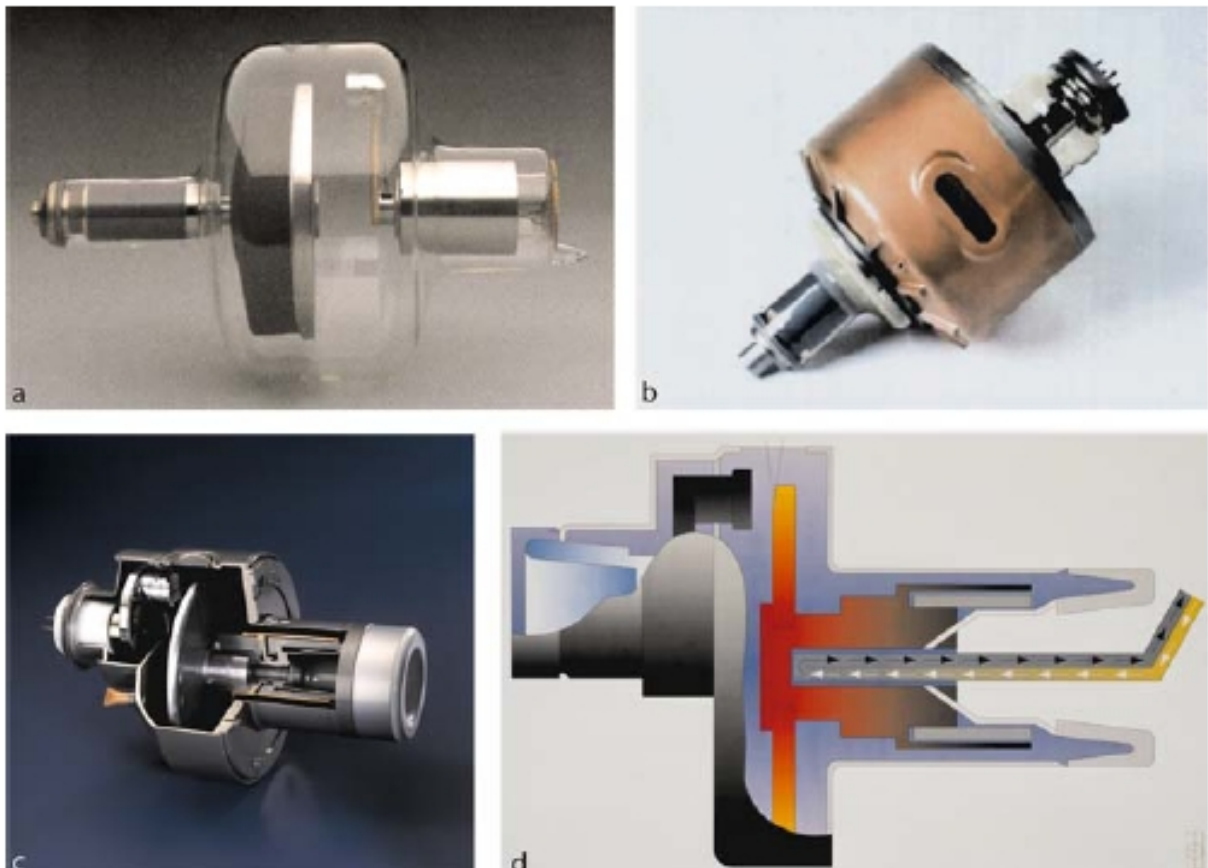
Εικόνα 2.1.3: Εστίαση ηλεκτρονίων στην άνοδο (Πηγή : Πηγή : Computed Tomography , Thorsen M. Buzug, 2008 εκδ.Springer)

Κάτι που γίνεται εμφανές και στα αποτελέσματα της εστίασης ως προς το μέγεθος και το σχήμα



Εικόνα 2.1.4: Σύγκριση ευκρίνειας για δύο διαφορετικές περιπτώσεις ενέργειας(Πηγή : ctexperts.com)

Και η εξέλιξη των καθοδικών σωλήνων



Εικόνα 2.1.5: a,b,c) τύποι καθοδικών σωλήνων d)πλάγια όψη καθοδικού σωλήνα αξονικού τομογράφου(Πηγή :Πηγή : Computed Tomography , Thorsen M. Buzug, 2008 εκδ.Springer)

2.2 ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η Υ.Τ. χρησιμοποιεί την πρώτη μέθοδο τομογραφικής απεικόνισης, την τομογραφία διέλευσης. Μία λυχνία παραγωγής ακτίνων Χ (πηγή), προσαρτημένη σε δακτύλιο διαμέτρου 1,5 μέτρου περίπου, περιστρέφεται, κινούμενη πάνω σ' αυτό το δακτύλιο, γύρω από τον εξεταζόμενο. Αντιδιαμετρικά με τη λυχνία, προσαρτημένο στον ίδιο δακτύλιο, υπάρχει σύστημα ανιχνευτών ακτινοβολίας Χ. Η εξεταστική τράπεζα, όπου τοποθετείται ο ασθενής, είναι τοποθετημένη με τον άξονά της κάθετα στο επίπεδο λυχνία ανιχνευτές και έχει τη δυνατότητα να κινείται κατά μήκος του άξονά της. Η λειτουργία του συστήματος βασίζεται στη δυνατότητα ανακατασκευής μιας εικόνας τομής του αντικείμενου, από πολλαπλές προβολές του με ακτίνες Χ.

Οι ακτίνες Χ διέρχονται μέσα από το αντικείμενο και η κατανομή της απορρόφησής τους καταγράφεται από το ανιχνευτικό σύστημα το οποίο όπως ήδη αναφέραμε βρίσκεται σε αντιδιαμετρική θέση με τη λυχνία. Το ανιχνευτικό σύστημα αποτελείται από μεγάλο αριθμό ανιχνευτών διατεταγμένων σε τόξο, οι οποίοι είναι ανιχνευτές αερίου ή ανιχνευτές στερεάς κατάστασης, οι οποίοι και θεωρούνται καλύτεροι, καθώς παρουσιάζουν καλύτερα χαρακτηριστικά (απόδοση κ.λ.π.) και λιγότερα προβλήματα λειτουργίας. Οι πρώτοι αισθητήρες ήταν ανιχνευτές σπινθηρισμού, με τους σωλήνες φωτοπολλαπλασιαστών όπου διεγείρονταν τα κρύσταλλα από (χαρακτηριστικά) ιοντα καισίου. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '80 το ιοδιούχο καισίο αντικαταστάθηκε από πηγές που περιέχουν το αέριο Xenon σε υψηλές συγκεντρώσεις. Αυτά τα συστήματα αντικαταστάθηκαν στη συνέχεια από σπινθηριστές βασισμένους στη μελέτη συστημάτων με διόδους φωτογραφιών αντί των φωτοπολλαπλασιαστών δηλαδή πιο σύγχρονα υλικά σπινθηριστων με πιο επιθυμητά χαρακτηριστικά.

Δομές που βρίσκονται πάνω ή κάτω από το επίπεδο της δέσμης δεν απεικονίζονται. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται για πολλές διαφορετικές θέσεις του συστήματος λυχνία ανιχνευτικό σύστημα γύρω από το αντικείμενο, παίρνοντας έτσι πολλές προβολές του αντικείμενου. Κατόπιν, με τη βοήθεια υπολογιστή, με μαθηματικό τρόπο συντίθεται η εικόνα της τομής από τις επιμέρους προβολές. Τα στοιχεία τακτοποιούνται σε μια βάση δεδομένων στη μνήμη, ώστε κάθε σημείο των στοιχείων να συμφωνεί με τα γειτονικά του με έναν αλγόριθμο που χρησιμοποιεί τις γνωστές τεχνικές μετασχηματισμού κατά Φουριέ.

Η τελική εικόνα είναι σαν να έχει αφαιρεθεί από το σώμα του ασθενούς μια "φέτα" πάχους λίγων χιλιοστών, και αυτή η φέτα να έχει ακτινογραφηθεί με ακτίνες Χ κάθετες στο επίπεδο της. Η λυχνία παραγωγής ακτίνων Χ λειτουργεί σε υψηλή τάση από 60 έως 140 kVp. Το σύστημα περιορισμού της δέσμης ακτίνων Χ που εξέρχεται από τη λυχνία (collimator), είναι σχεδιασμένο για να παράγει πολύ λεπτές δομές πάχους 110 mm, εξασφαλίζοντας αντίστοιχα πάχη τομής κατά την απεικόνιση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την καλή ποιότητα εικόνας καθώς μειώνεται κατά πολύ η σκεδαζόμενη ακτινοβολία αλλά και το πάχος του κυλίνδρου που προβάλλεται στο επίπεδο του φιλμ είναι πάρα πολύ μικρό. Για να ολοκληρωθεί μία εξέταση απαιτείται μια σειρά από τομές. Για παράδειγμα για την απεικόνιση του κρανίου απαιτούνται 25 τομές. Η διαδικασία λοιπόν που περιγράφηκε παραπάνω για τη λήψη μίας τομής, επαναλαμβάνεται 25 φορές. Μεταξύ δύο τομών σταματά

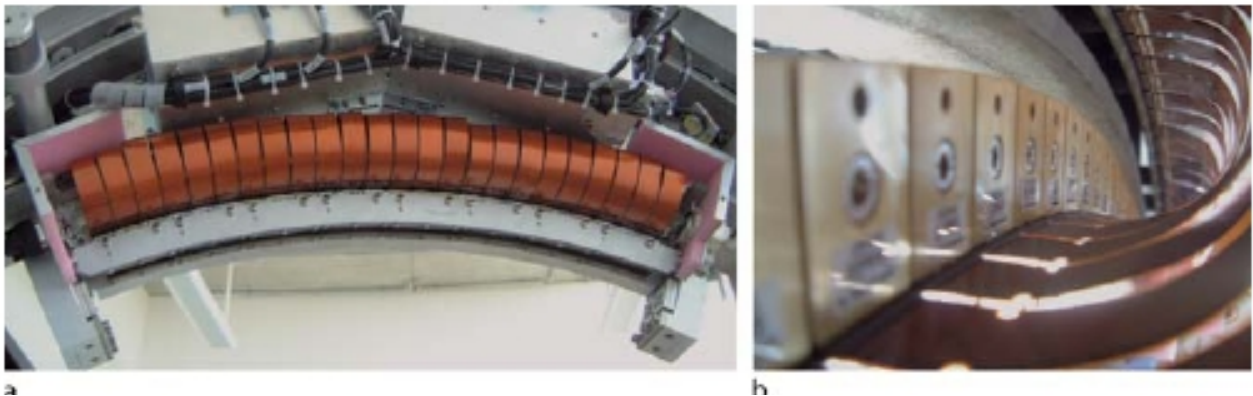
η εκπομπή ακτίνων Χ από τη λυχνία, η οποία ξαναγυρίζει στην αρχική της θέση για να μπορεί να ξεκινήσει ξανά για νέα τομή και ταυτόχρονα η εξεταστική τράπεζα κινείται κατά πολύ μικρό διάστημα, ίσο με το πάχος τομής. Έτσι ο ασθενής βρίσκεται σε νέα θέση όπου τώρα στο επίπεδο της δέσμης (που είναι ίδιο με το επίπεδο λυχνία ανιχνευτικό σύστημα), βρίσκεται η επόμενη "φέτα" που θα απεικονιστεί. Μερικές φορές χρησιμοποιούνται υλικά αντίθεσης όπως η ενδοφλέβια ιονίζουσα ουσία αντίθεσης. Αυτό είναι χρήσιμο να δώσει έμφαση στις δομές όπως τα αγγεία αίματος που ειδάλως θα ήταν δύσκολο να σκιαγραφηθούν από το περιβάλλον τους. Η χρησιμοποίηση του υλικού αντίθεσης μπορεί επίσης να βοηθήσει να λάβει τις λειτουργικές πληροφορίες για τους ιστούς. Τα pixels σε μια εικόνα που λαμβάνεται από την ανίχνευση CT είναι αντίστοιχα με τη σχετική πυκνότητα των ιστών που απεικονίζουν. Οι νεώτερες μηχανές με τα γρηγορότερα συγκροτήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών και τις νεώτερες στρατηγικές λογισμικού μπορούν να επεξεργαστούν όχι μόνο τις μεμονωμένες διατομές αλλά και τις συνεχώς μεταβαλλόμενες διατομές. Το αντικείμενο για να απεικονιστεί, πρέπει να εισαγεται αργά και ομαλά διαμεσου του κύκλου καθώς παράγονται ακτίνες Χ

2.3 Αλληλεπίδραση ακτίνων X με την ύλη

Τα ηλεκτρόνια προσπίπτοντας στο στόχο χάνουν σταδιακά την ενέργειά τους, εφ' όσον υφίστανται επιβραδύνσεις από τα άτομα του υλικού του στόχου. Εντούτοις η ενέργεια που αποδίδουν στα άτομα του στόχου είναι αρκετή για να διεγείρει και ηλεκτρόνια των εσωτερικών στοιβάδων των ατόμων. Αποτέλεσμα αυτού είναι η συμπλήρωση των στοιβάδων αυτών από ηλεκτρόνια υψηλότερων ενεργειακά στοιβάδων και έτσι παράγονται τα φωτόνια των ακτίνων X. Επειδή τα ηλεκτρόνια που έχουν επιταχυνθεί αρχικά εναποθέτουν συγκεκριμένες τιμές ενέργειας στα άτομα του στόχου, το φάσμα που προέρχεται από την αυτοδιέγερση και συμπλήρωση των στοιβάδων των ατόμων του μεταλλικού στόχου, είναι γραμμικό. Υπάρχει όμως και ένα συνεχές τμήμα του φάσματος των ακτίνων X το οποίο προέρχεται από τη λεγόμενη ακτινοβολία πέδησης (*Bremsstrahlung*) που δίνεται από τα ηλεκτρόνια που επιταχύνονται από το ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο που υπάρχει κοντά στον μεγάλο ατομικού αριθμού πυρήνα.

Ανίχνευση ακτίνων X

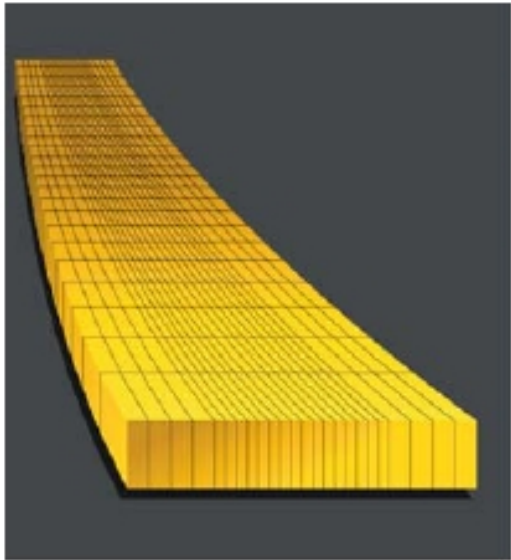
Η ανίχνευση των ακτίνων X γίνεται με συσκευές οι οποίες βασίζονται στον ιονισμό των ατόμων κάποιων υλικών έπειτα από την πρόσπτωση φωτονίων σε αυτά. Η ανίχνευση των ακτίνων X είναι από τα βασικότερα σκέλη της αξονικής τομογραφίας και για το λόγο αυτό παρατηρείται μεγάλη ποικιλία ανιχνευτικών διατάξεων με το πέρασμα των χρόνων. Στους πρώτους ΑΤ συναντάμε ανιχνευτές αερίου Geiger-Muller. Η λειτουργία τους φυσικά βασίζεται στο γεγονός ότι το υπό πίεση αέριο Ξένου ιονίζεται από την ακτινοβολία. Μια άλλη κατηγορία ανιχνευτών με στερεά υλικά είναι οι σπινθηριστές, οι οποίοι αποτελούνται από 2 κυρίως μέρη: τον ανιχνευτή φωτονίων και το μέσο σπινθηρισμού. Συνήθη υλικά που χρησιμοποιούνται στους σπινθηριστές είναι π.χ. τα CsI, BGO, CdWO₄.



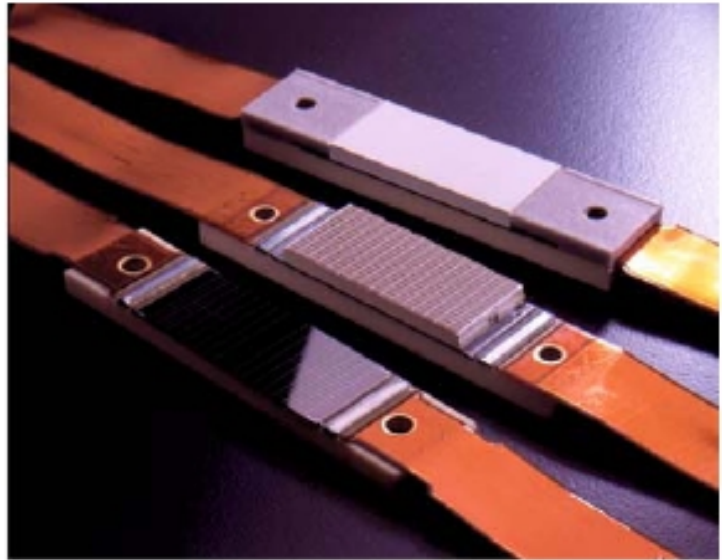
Εικόνα 2.2.1: α) Στέλεχος 24 ανιχνευτών αξονικού τομογράφου (Πηγή: Computed Tomography, Thorsen M. Buzug, 2008 εκδ. Springer)

Παραπάνω παρατηρούμε αριστερά ένα "τόξο" από 24 ανιχνευτικές διατάξεις ενώ δεξιά μέρος από μια κυκλική διάταξη ανιχνευτών.

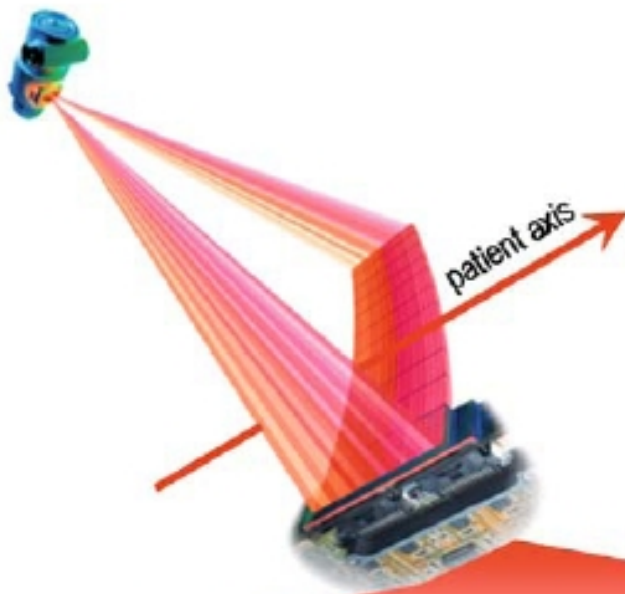
Υπάρχουν βέβαια και ανιχνευτές οι οποίοι βασίζονται στην κατασκευή τους σε κρυσταλλικά και κεραμικά υλικά όπως π.χ. πυριτικά άλατα βορίου. Οι ανιχνευτές αυτοί είναι πολύ ακριβείς και έχουν χρόνους απόκρισης της τάξης των 10 ns.



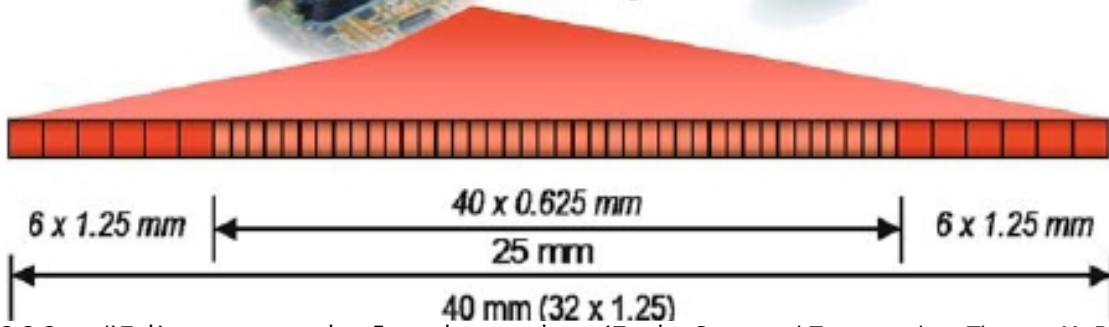
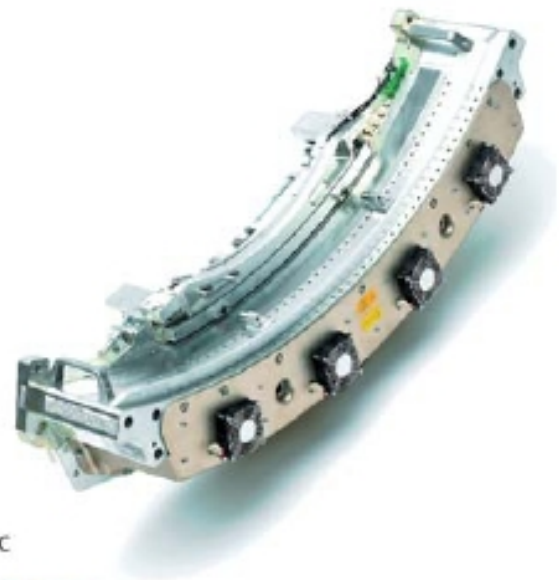
a



b



c



d

Εικόνα 2.2.2: a-d) Στέλεχος ανιχνευτών αξονικού τομογράφου (Πηγή : Computed Tomography , Thorsen M. Buzug, 2008 εκδ. Springer)

ΣΤΟΧΟΣ

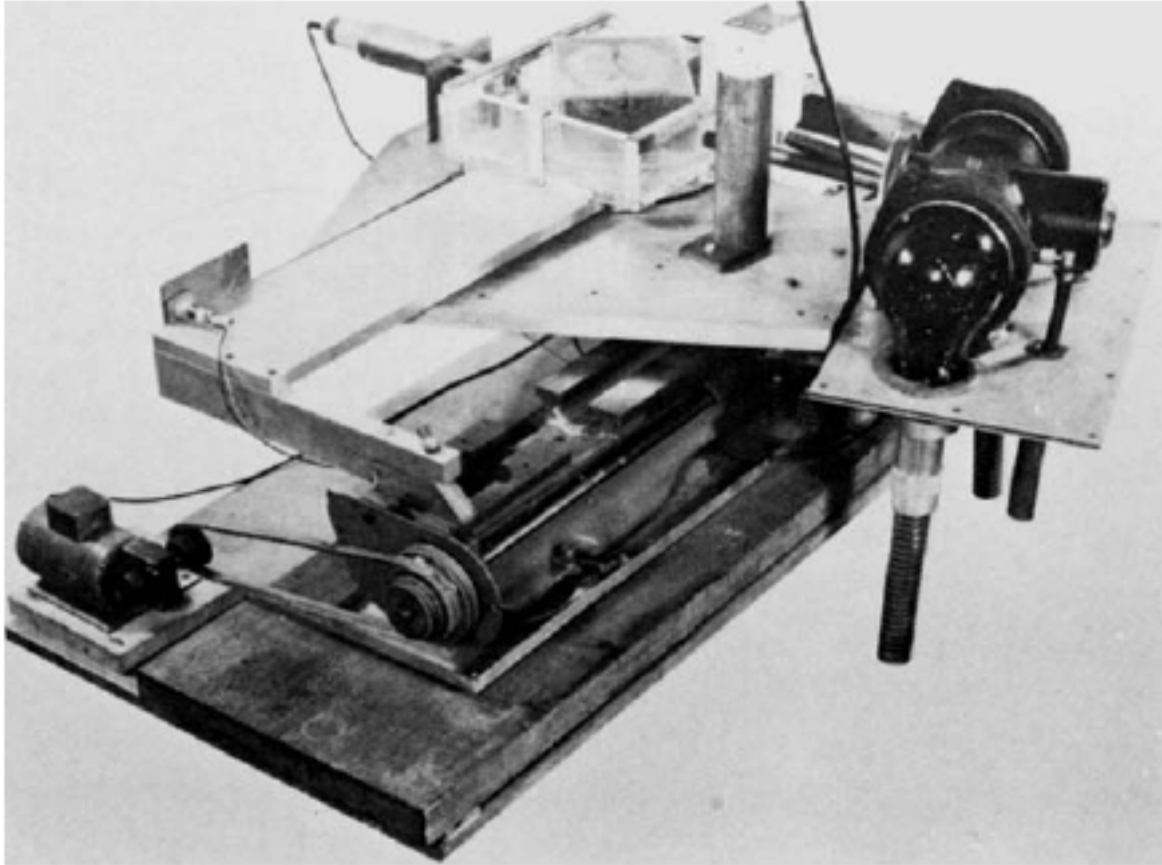
Στόχος της τομογραφίας είναι η απεικόνιση της κατανομής μιας παραμέτρου ενδιαφέροντος σε ένα επίπεδο στο εσωτερικό ενός αντικείμενου, χωρίς την παρεμβολή υπερκείμενων ή υποκείμενων επιπέδων. Με την τομογραφική μέθοδο δηλαδή προσπαθούμε να λύσουμε το πρόβλημα της προβολής των δομών από διαφορετικά επίπεδα πάνω στο ίδιο επίπεδο, το επίπεδο του φιλμ. Ταυτόχρονα, όπως θα δούμε παρακάτω, λύνεται και το άλλο πρόβλημα της μη διάκρισης δομών με μικρή διαφορά στη μεταξύ τους αντίθεση. Υπάρχουν δύο βασικές μέθοδοι τομογραφικής απεικόνισης. Η τομογραφία διέλευσης (transmission tomography) και η τομογραφία εκπομπής (emission tomography). Στην πρώτη μέθοδο, η πηγή και το ανιχνευτικό σύστημα βρίσκονται σε αντιδιαμετρική θέση και περιστρέφονται γύρω από το υπό εξέταση αντικείμενο (π.χ. CT). Στη δεύτερη μέθοδο, η πηγή είναι η ίδια η υπό εξέταση περιοχή και γύρω απ' αυτήν περιστρέφεται το ανιχνευτικό σύστημα (π.χ. SPECT, PET).

Ιστορία

Η υπολογιστική τομογραφία ήταν γνωστή αρχικά ως «ανίχνευση EMI» όπως αναπτύχθηκε σε έναν ερευνητικό κλάδο του EMI, μια επιχείρηση την πιο γνωστή σήμερα, για τη μουσική της και την επιχείρηση ηχογράφησης. Ήταν γνωστή αργότερα ως υπολογιστική αξονική τομογραφία (YAT ή ανίχνευση CT) και röntgenography τμημάτων σωμάτων. Αν και ο όρος «υπολογιστική τομογραφία» θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει την τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων και την ενιαία υπολογιστική τομογραφία εκπομπής φωτονίων, στην πράξη αναφέρεται συνήθως στον υπολογισμό της τομογραφίας από τις εικόνες με χρήση ακτίνων X, ειδικά στην παλαιότερη ιατρική βιβλιογραφία. Ο όρος «υπολογιστική αξονική τομογραφία» χρησιμοποιήθηκε από το 1977-79, αλλά η τρέχουσα βιβλιογραφία περιλαμβάνει ρητά «την ακτίνα X» στον τίτλο.

Στις αρχές των δεκαετιών του 20ου αιώνα, ο Ιταλικός ακτινολόγος Alessandro Vallebona πρότεινε μια μέθοδο για να αντιπροσωπεύσει μια ενιαία τομή του σώματος στην ακτινογραφική ταινία. Αυτή η μέθοδος ήταν γνωστή ως τομογραφία. Η ιδέα είναι βασισμένη στις απλές αρχές της προβολικής γεωμετρίας: κινώντας συγχρόνως και στις αντίθετες κατευθύνσεις το σωλήνα εκπομπής ακτίνων X και την ταινία(φιλμ), τα οποία συνδέονται με μια ράβδο της οποίας το σημείο του άξονα είναι ο στόχος εστίασης. Η εικόνα που δημιουργείται από τα σημεία στο εστιακό πλάνο εμφανίζεται εντονότερα, ενώ οι εικόνες των άλλων σημείων εκλαμβάνονται ως θόλωμα. Αυτό είναι μόνο ουσιαστικό καθώς το θόλωμα εμφανίζεται μόνο στον άξονα «X». Υπάρχουν επίσης πιο σύνθετες συσκευές που μπορούν να κινηθούν σε περισσότερους από έναν άξονες και να εκτελέσουν αποτελεσματικότερη αποτύπωση πάνω στο φιλμ. Η τομογραφία ήταν ένας από τους στυλοβάτες των ραδιολογικών διαγνωστικών κέντρων μέχρι την πρόσφατη δεκαετία του '70, όταν την αντικατέστησε βαθμιαία η διαθεσιμότητα των μικρουπολογιστών και της εγκάρσιας αξονικής μεθόδου ανίχνευσης. Μάλιστα ο τελευταίος τρόπος οφείλεται στην εργασία του Godfrey Hounsfield και του νοτιοαφρικανικού Allan McLeod Cormack, ως πιο εξελιγμένη μορφή του CT. Ο πρώτος εμπορικά βιώσιμος ανιχνευτής CT εφευρέθηκε από Sir Godfrey Hounsfield στο Hayes, στο Ηνωμένο Βασίλειο στα κεντρικά ερευνητικά εργαστήρια EMI χρησιμοποιώντας τις ακτίνες X. Ο Hounsfield συνέλαβε την ιδέα του το 1967 η οποία ανακοινώθηκε δημόσια το 1972. Ο Allan McLeod Cormack του πανεπιστημίου Tufts στη Μασαχουσέτη εφηύρε ανεξάρτητα μια παρόμοια διαδικασία. Ο Hounsfield και Cormack μοιράστηκαν το βραβείο Νόμπελ του 1979 στην ιατρική. Το αρχικό πρωτότυπο του 1971 πήρε 160 παράλληλες αναγνώσεις μέσω 180 γωνιών, κάθε 1° χωριστά, με κάθε ανίχνευση που παίρνει λίγο πάνω από πέντε λεπτά. Οι εικόνες από αυτές τις ανιχνεύσεις διήρκεσαν 2.5 ώρες ενώ υποβάλλονται σε επεξεργασία από τις αλγεβρικές τεχνικές αναδημιουργίας σε έναν μεγάλο υπολογιστή. Ο ανιχνευτής είχε έναν ενιαίο ανιχνευτή φωτοπολλαπλασιαστών, και λειτούργησε σύμφωνα με την αρχή Translate/Rotate. Έχει υποστηριχτεί ότι χάρι στην επιτυχία των Beatles, το EMI θα μπορούσε να χρηματοδοτήσει την έρευνα και να χτίσει τα πρόωρα πρότυπα για την ιατρική χρήση. Η πρώτη μηχανή CT παραγωγής ακτίνας X (στην πραγματικότητα αποκαλούμενη «EMI-ανιχνευτή») περιορίστηκε στην παραγωγή των τομογραφικών τμημάτων του εγκεφάλου, αλλά απόκτησε τα στοιχεία εικόνας σε περίπου 4 λεπτά (ανίχνευση σε δύο παρακείμενες τομές), και ο χρόνος υπολογισμού (που χρησιμοποιεί ένα στοιχείο - γενικός μικρουπολογιστής Nova) ήταν περίπου 7 λεπτά ανά εικόνα. Αυτός ο ανιχνευτής απαιτούσε ο ασθενής να φοράει ένα κράνος με μια διαμορφωμένη λαστιχένια κοιλότητα με νερό στο κεφάλι

του. Η δεξαμενή νερού χρησιμοποιήθηκε για να μειώσει τη δυναμική περιοχή της ακτινοβολίας που φθάνει στους ανιχνευτές (μεταξύ της εξωτερικής όψης ανίχνευσης του κεφαλιού έναντι της ανίχνευσης μέσω του οστού του κρανίου). Οι εικόνες ήταν με σχετικά χαμηλή ανάλυση, και αποτελούνταν από μια μήτρα μόνο 80 X 80 pixels. Ο πρώτος EMI-ανιχνευτής εγκαταστάθηκε στο νοσοκομείο Atkinson Morley στο Wimbledon, στην Αγγλία και η πρώτη αξονική τομογραφία εγκεφάλου έγινε με το 1972.



Εικόνα 2.2.3: Ο πρώτος αξονικός τομογράφος (Πηγή : Computed Tomography , Thorsen M. Buzug, 2008 εκδ. Springer)

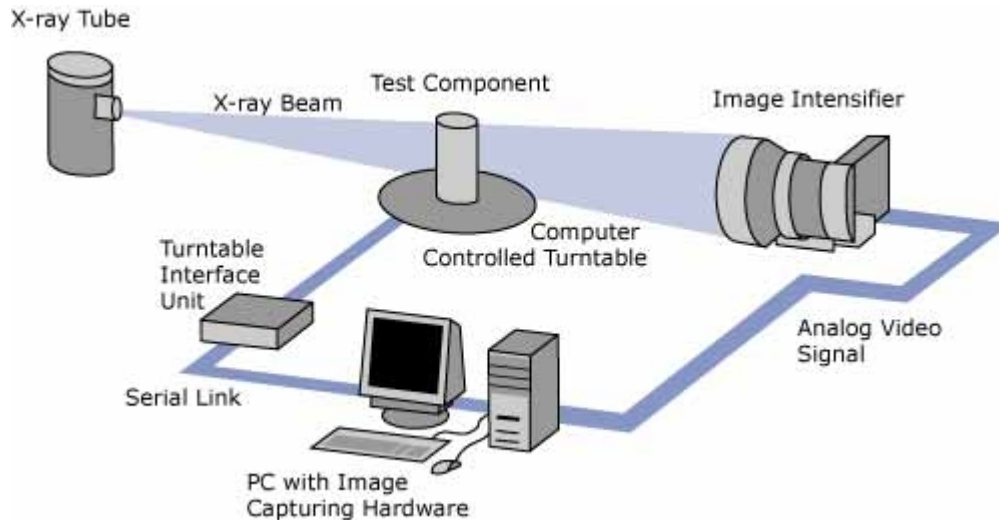
Στις ΗΠΑ, η πρώτη εγκατάσταση ήταν στη κλινική Mayo. Το πρώτο σύστημα CT που θα μπορούσε να κάνει τις εικόνες οποιουδήποτε μέρους του σώματος και δεν απαιτήσε τη δεξαμενή ύδατος ήταν ο ανιχνευτής ACTA (αυτοματοποιημένος εγκάρσιος αξονικός) που σχεδιάστηκε από Robert S. Ledley, DDS στο πανεπιστήμιο της Τζωρτζτάουν. Αυτή η μηχανή είχε 30 σωλήνες φωτοπολλαπλασιαστών ως ανιχνευτές και ολοκλήρωσε μια ανίχνευση σε μόνο 9 Translate/Rotate κύκλους, πολύ γρηγορότερα από τον EMI-ανιχνευτή.

Εικόνα 2.2.4: EMI αξονικός τομογράφος (Πηγή : Computed Tomography , Thorsen M. Buzug, 2008 εκδ. Springer)

Χρησιμοποίησε έναν PDP11/34 μικροπολογιστή για να ενεργοποιήσει τους μηχανισμούς και για να αποκτήσει δυνατότητα επεξεργασίας των εικόνων. Η επιχείρηση φαρμάκων Pfizer απόκτησε το πρωτότυπο από το πανεπιστήμιο, μαζί με τα δικαιώματα να το κατασκευάσει. Η Pfizer άρχισε έπειτα τα αντίγραφα του πρωτοτύπου, που καλείται «200FS» (FS που σημαίνει τη γρήγορη ανίχνευση), τα οποία τα πωλούσαν τόσο γρήγορα όσο τα παρήγαγαν. Αυτή η μονάδα παρήγαγε τις εικόνες σε μια μήτρα 256×256, με τον πολύ καλύτερη ανάλυση από το 80×80 του EMI-ανιχνευτή.

Προηγούμενες Μελέτες

Μια τομογραφία μπορεί να επιτευχθεί με την κίνηση της πηγής και του ανιχνευτή κατά τη διάρκεια μιας έκθεσης στις ακτίνες Χ. Η ανατομία στο επίπεδο του στόχου παραμένει αναλυτική,

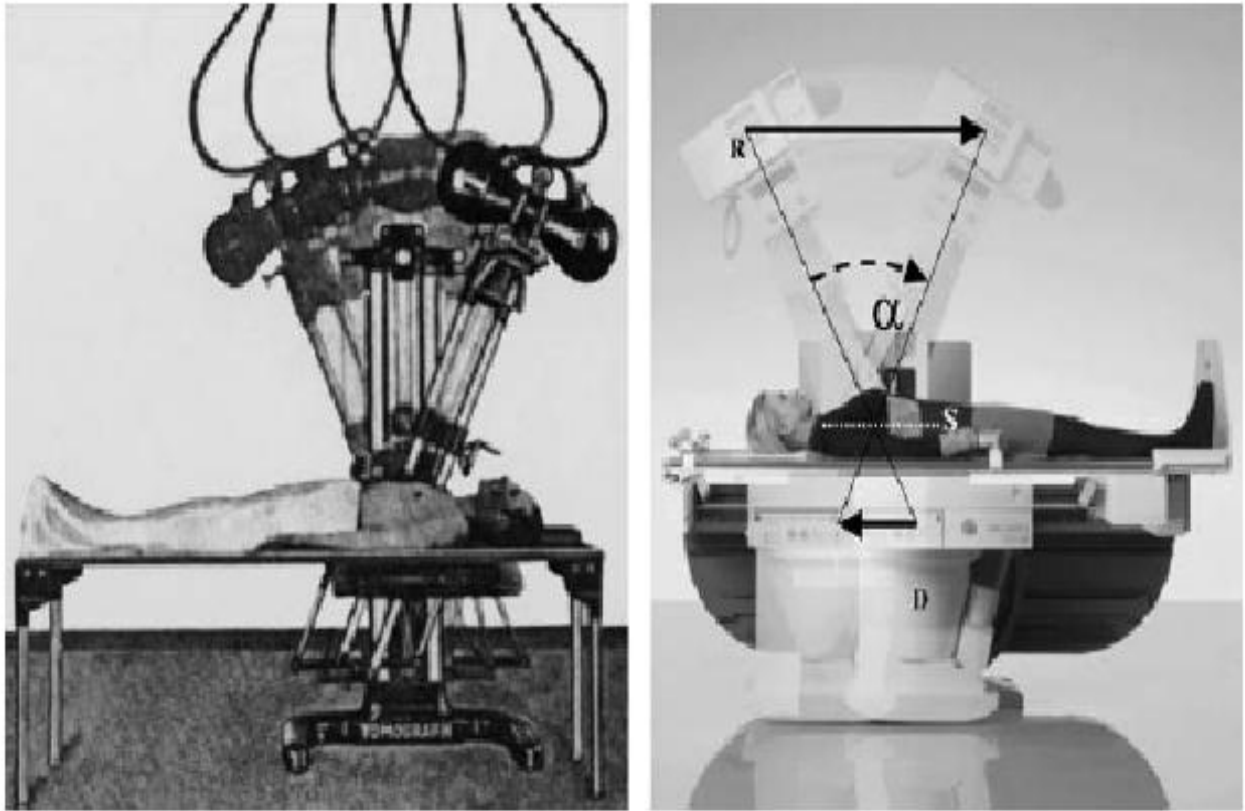


Εικόνα 2.2.4: Ολικός σχεδιασμός αξονικού τομογράφου (Πηγή : Computed Tomography , Thorsen M. Buzug, 2008 εκδ. Springer)

ενώ αντίθετα οι δομές σε διαφορετικά επίπεδα θολώνονται. Με την ποικιλία της έκτασης και της πορείας της κίνησης ,πηγής και ανιχνευτή, ποικίλα αποτελέσματα μπορούν να ληφθούν, με το μεταβλητό βάθος του πεδίου και τους διαφορετικούς βαθμούς θολώματος των δομών «έκτος πλάνου»(δηλαδή της στοιχειωμένης περιοχής). Αν και κατά ένα μεγάλο μέρος η ξεπερασμένη, συμβατική τομογραφία χρησιμοποιείται ακόμα σε μερικές περιπτώσεις όπως η οδοντική απεικόνιση (orthorantomography) .

ΤΟΜΟΣΥΝΘΕΣΗ

Η ψηφιακή τομοσυνθεση συνδυάζει την ψηφιακή λήψη εικόνας και επεξεργασία της με την απλή κίνηση σωλήνα/ανιχνευτή όπως χρησιμοποιείται στη συμβατική ακτινογραφική τομογραφία. Αν και υπάρχουν μερικές ομοιότητες με την CT, είναι μια χωριστή τεχνική. Στην CT, η πηγή/ ανιχνευτής κάνει μια πλήρη περιστροφή 360 μοιρών για το δοκίμιο λαμβάνοντας ένα πλήρες σύνολο στοιχείων από το οποίο οι εικόνες μπορούν να αναδημιουργηθούν. Στη ψηφιακή τομοσυνθεση, μόνο μια μικρή γωνία περιστροφής (π.χ., 40 μοίρες) με έναν μικρό αριθμό ιδιαίτερων εκθέσεων (π.χ., 10) χρησιμοποιείται.



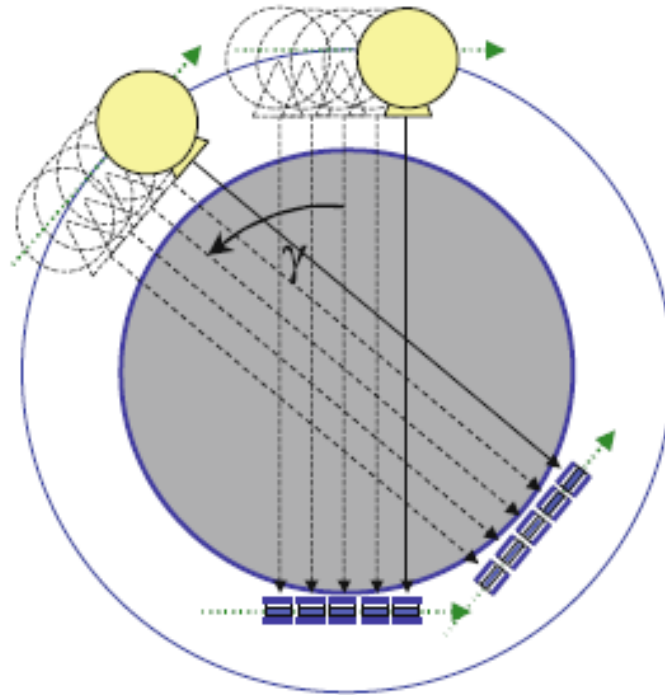
Εικόνα 2.2.5: Αριστερά: Τομογράφος Grossmann. Δεξιά: Sirograph T.O.P Siemens (Πηγή : Lossau 1995, Grossmann 1934)

Αυτό το ελλειπές σύνολο στοιχείων μπορεί να υποβληθεί σε επεξεργασία ψηφιακά για να παραγάγει τις εικόνες παρόμοιες με τη συμβατική τομογραφία με ένα περιορισμένο βάθος του πεδίου. Εντούτοις, επειδή η επεξεργασία εικόνας είναι ψηφιακή, μια σειρά τομών σε διαφορετικά βάθη και με τα διαφορετικά πάχη μπορεί να αναδημιουργηθεί από την ίδια λήψη, κερδίζοντας λιγότερο χρόνο έκθεσης στην ακτινοβολία. Επειδή το στοιχείο που μας παρέχεται είναι ελλειπές, η τομοσυνθεση είναι ανίκανη να προσφέρει τα εξαιρετικά λεπτές τομές που το CT προσφέρει. Εντούτοις, οι ανιχνευτές υψηλότερης ανάλυσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν, επιτρέποντας μεγάλη ανάλυση σε μικρή περιοχή ακόμα κι αν η ανάλυση στον z-άξονα είναι μικρή. Το αρχικό ενδιαφέρον για το τομοσυνθεση είναι στην απεικόνιση στήθων, ως επέκταση στη μαστογραφία, όπου μπορεί να προσφέρει τα καλύτερα ποσοστά ανίχνευσης με την ελάχιστη πρόσθετη αύξηση στην έκθεση ακτινοβολίας. Οι αλγόριθμοι αναδημιουργίας για την τομοσυνθεση είναι σημαντικά διαφορετικοί από το συμβατικό CT, επειδή ο συμβατικός φιλτραρισμένος αλγόριθμος της προβολής απαιτεί ένα πλήρες σύνολο στοιχείων. Οι επαναληπτικοί αλγόριθμοι που βασίζονται στη μεγιστοποίηση ευκρίνειας που συνηθέστερα χρησιμοποιούνται, είναι εξαιρετικά υπολογιστικά χρονοβόροι. Μερικοί κατασκευαστές έχουν παραγάγει πρακτικά συστήματα χρησιμοποιώντας off-the-shelf GPUs για να εκτελέσουν την αναδημιουργία.

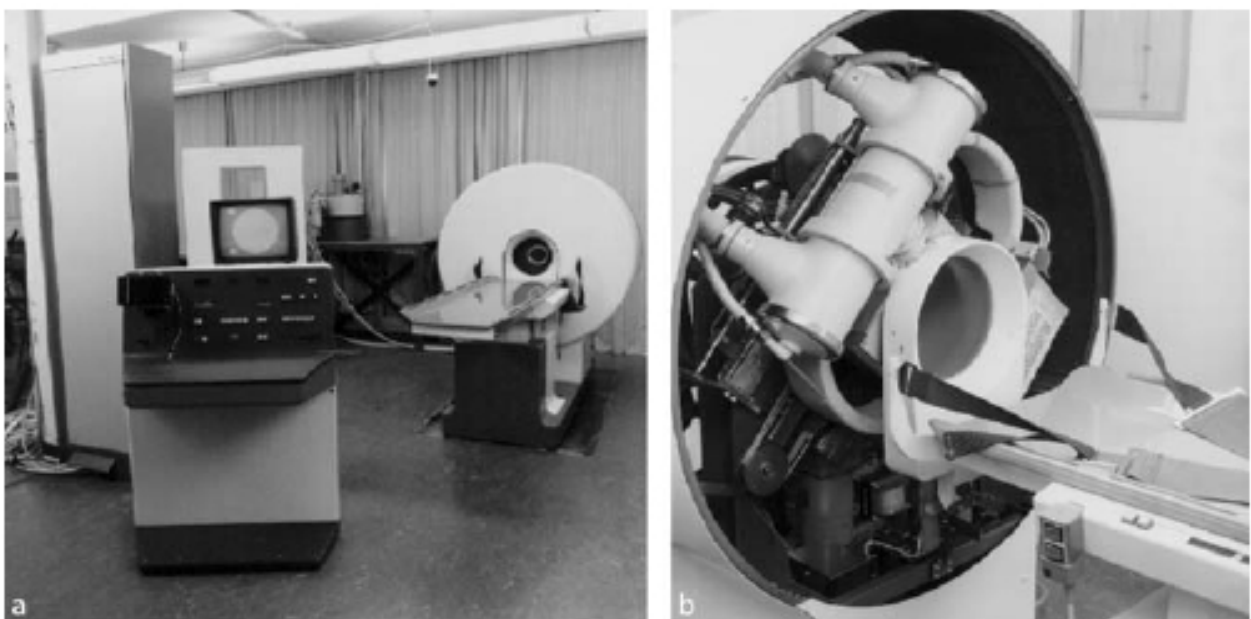
Πρώτη γενιά AT

Η πρώτη γενιά AT αποτελείται από έναν καθοδικό σωλήνα ο οποίος παράγει μια μονό ακτίνα, η οποία συλλέγεται από έναν ανιχνευτή. Τα μηχανήματα 1ης γενιάς χρησιμοποιούσαν μια πολύ καλά εστιασμένη δέσμη (pencil beam) που ανιχνευόταν από έναν επίσης πολύ καλά εστιασμένο ανιχνευτή. Ο ανιχνευτής βρίσκεται από την αντίθετη πλευρά σε σχέση με το σημείο εκπομπής της ακτίνας. Το σύστημα πηγής ανιχνευτής κινείται κατά μήκος του ασθενούς και σαρώνει την περιοχή της τομής κατά τη διάρκεια της κάθε λήψης. Η πηγή εκπέμπει δέσμη γνωστής έντασης.

Μετά τη διέλευση από τον ασθενή καταγράφεται η ένταση της δέσμης από τον ανιχνευτή. Όταν ολοκληρωθεί η σάρωση της "φέτας", το σύστημα περιστρέφεται κατά 1 μοίρα για τη λήψη της 2ης προβολής κ.ο.κ. Έτσι για τη δημιουργία μιας τομής απαιτούνταν 180 προβολές. Ο συνολικός χρόνος λήψης για μία τομή ήταν της τάξης των 4 λεπτών της ώρας. Μια παραστατική απεικόνιση αυτής της διαδικασίας δίνεται στο σχ. 3.4 .Από την σκέδαση λοιπόν των ακτίνων στο ανθρωπινό σώμα και την ανίχνευση τους για γωνίες από 0 έως 180 μοίρες ,εξαγόντουσαν τα ανάλογα συμπεράσματα .



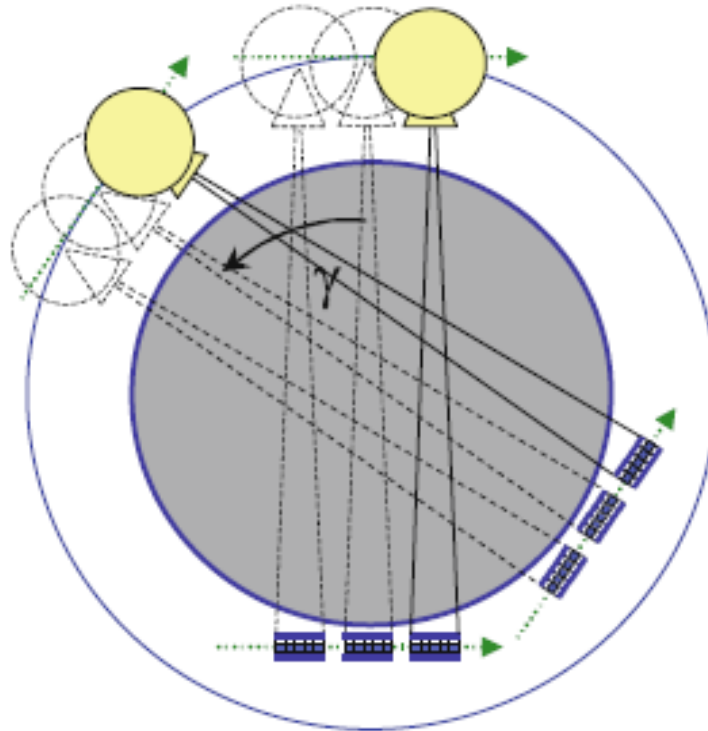
Εικόνα 2.2.6: Εικονική εκδοχή του ΑΤ πρώτης γενιάς (Πηγή : Computed Tomography , Thorsen M. Buzug, 2008 εκδ.Springer)



Εικόνα 2.2.7: Εμπορική εκδοχή του ΑΤ πρώτης γενιάς (Πηγή : Computed Tomography , Thorsen M. Buzug, 2008 εκδ.Springer)

Δεύτερη γένια AT

Η δεύτερη γένια έχει κάποιες βελτιώσεις σε σύγκριση με την πρώτη καθώς διαθέτει ένα λεπτότερο θόλο για την ακτίνα που εκπέμπεται. Παράλληλα χρησιμοποιούνται περισσότεροι ανιχνευτές (30) διατεταγμένοι σε σχήμα τόξου εύρους περίπου 10 μοιρών. Επιπλέον η δέσμη έχει σχήμα βεντάλιας με άνοιγμα αντίστοιχο με αυτό του τόξου των ανιχνευτών. Σχηματικά η διάταξη φαίνεται στο σχήμα

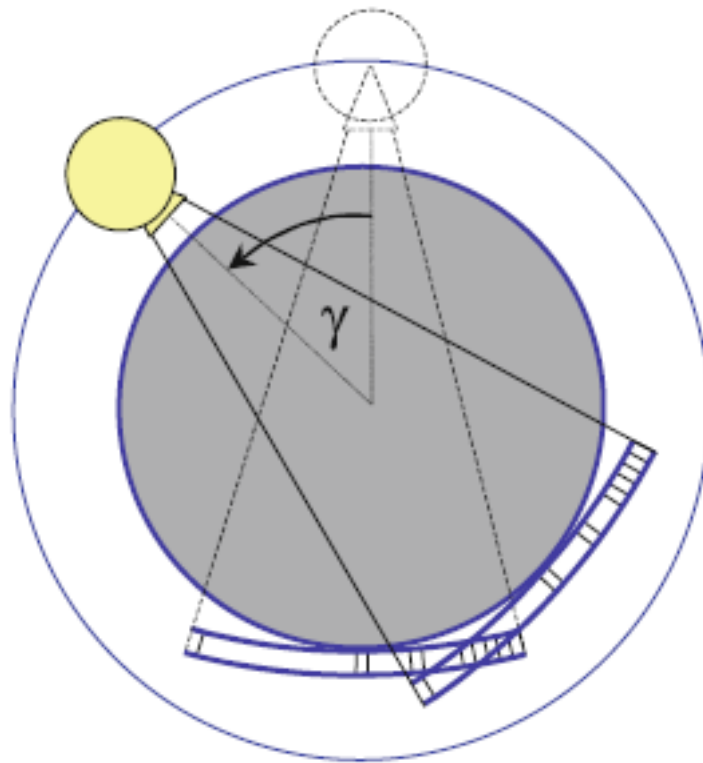


Εικόνα 2.2.8: Εικονική εκδοχή του AT δεύτερης γενιάς (Πηγή : Computed Tomography , Thorsen M. Buzug, 2008 εκδ. Springer)

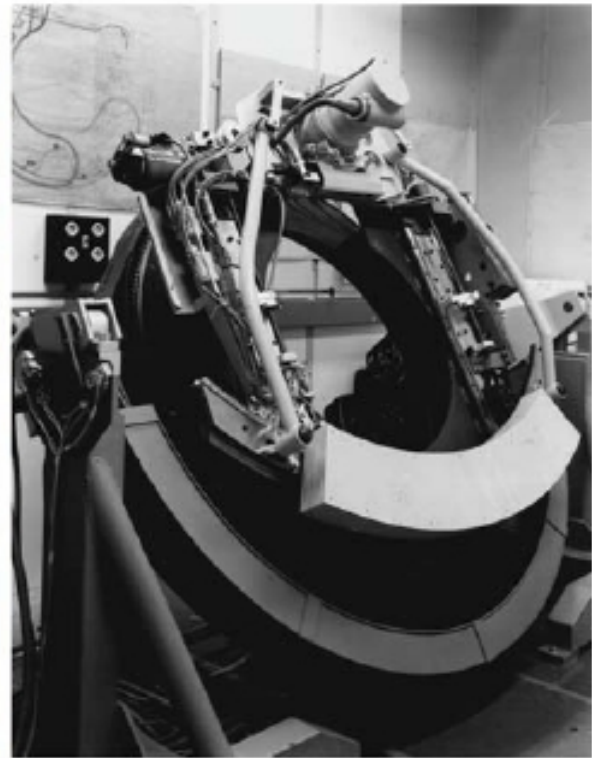
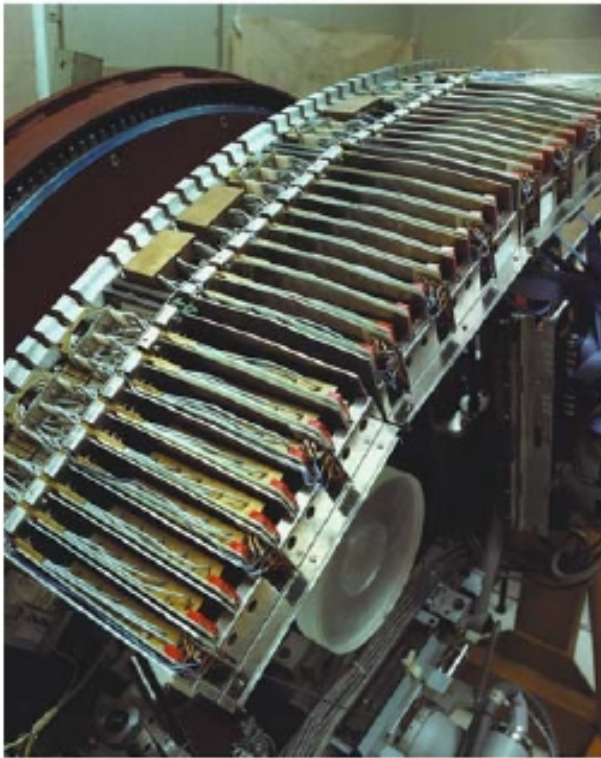
Τρίτη γένια AT

Κατά τη δεκαετία του 1970 βασικός στόχος ήταν η μείωση του χρόνου που απαιτείται για τη σύσταση μιας τομογραφίας.

Η τρίτη γένια αποτελείται από τομογράφους όπου η γωνιά εκπομπής είναι πλέον από 40 έως 60 μοίρες, ενώ οι ανιχνευτές είναι σαφώς μεγαλύτεροι. Σε αυτή την περίπτωση τα "τόξα" αποτελούνται από 1000 και περισσότερους ίσως ανιχνευτές με σκοπό να εκμεταλλευτούν το μεγαλύτερο εύρος γωνιάς που υπάρχει. Επιπλέον πλέον υπάρχει και η δυνατότητα της γρήγορης περιστροφής του θόλου εκπομπής αλλά και των ανιχνευτών, μειώνοντας έτσι δραστικά τον χρόνο της αποτύπωσης.



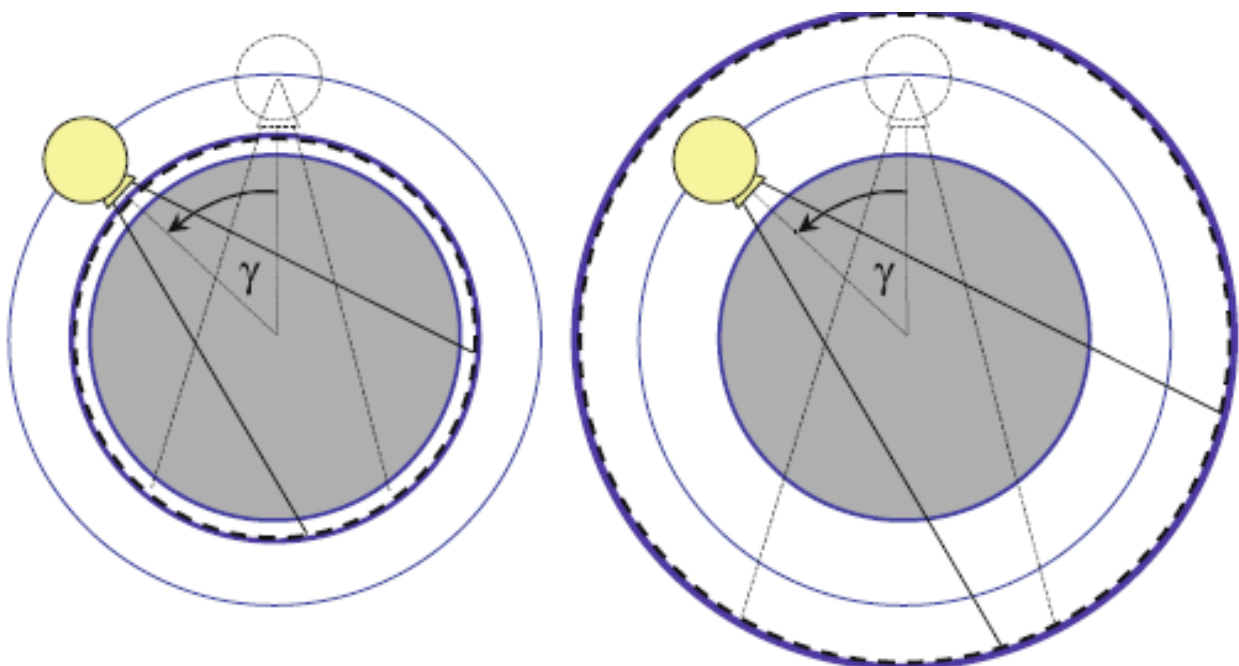
Εικόνα 2.2.9: Εικονική εκδοχή του ΑΤ τρίτης γενιάς (Πηγή : Computed Tomography , Thorsen M. Buzug, 2008 εκδ.Springer)



^b ^c
 Εικόνα 2.2.10: Εμπορική εκδοχή του ΑΤ τρίτης γενιάς (Πηγή : Computed Tomography , Thorsen M. Buzug, 2008 εκδ. Springer)

Τέταρτη γένια ΑΤ

Η τέταρτη γένια δεν διαφέρει πολύ από την προηγούμενη. Σε αυτή την γένια αξονικών τομογράφων απλώς έχουμε ένα σταθερό δακτύλιο από ανίχνευτες και ένα συνεχώς κινούμενο θόλο εκπομπής ακτίνας Χ. Διακρίνονται όμως δυο περιπτώσεις
 α) ο θόλος εκπομπής να βρίσκεται στο εσωτερικό του δακτύλιου
 β) ο θόλος να βρίσκεται έξω
 Σε αυτήν τη γένια επίσης το σύνολο των ανίχνευτων έχει φτάσει τις 5000!



Εικόνα 2.2.11: Εικονική εκδοχή του AT τέταρτης γενιάς (Πηγή : Computed Tomography , Thorsen M. Buzug, 2008 εκδ. Springer)

2.4 ΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ.

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι ανακατασκευής της εικόνας. Οι βασικότερες είναι η οπισθοπροβολή (backprojection), η ανακατασκευή Fourier και οι επαναληπτικές μέθοδοι (iterative techniques). Ένα πολύ απλό παράδειγμα ανακατασκευής με χρήση επαναληπτικής μεθόδου θα δούμε εδώ. Ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα αντικείμενο που η συνάρτηση ενδιαφέροντος μίας τομής του αποτελείται από τέσσερις τιμές όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

5	7
6	2

Στην περίπτωση που η δομή της "φέτας" αυτής μας είναι άγνωστη και εφαρμόζουμε την υπολογιστική τομογραφία για να τη βρούμε, θα έχουμε τις τιμές των προβολών στις διαφορετικές κατευθύνσεις, δηλ

7

11

9

13

12

8

Θεωρώντας ότι οι τιμές που μας ενδιαφέρουν είναι κατ' αρχήν όλες 0 και διορθώνοντας κάθε φορά με το μέσο όρο της διαφοράς, χρειαζόμαστε ακριβώς 4 βήματα (όσες και οι τιμές) για να έχουμε την πραγματική εικόνα.

0

0

 $(11-0)/2$ $(9-0)/2$

(i)

0	0
0	0

(ii)

5,5	4,5
5,5	4,5

10

10

10

10

 $(7-10)/2$ $(13-10)/2$

(iii)

6,5	5,5
4,5	3,5

 $(12-10)/2$ $(8-10)/2$

(iv)

5	7
6	2

ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Η ανακατασκευή της εικόνας, που ουσιαστικά συνίσταται στον υπολογισμό του γραμμικού συντελεστή εξασθένησης (μ) των ιστών, γίνεται σε έναν ορθογώνιο πίνακα όπου κάθε στοιχείο του πίνακα (pixel) απεικονίζει μία τιμή του (μ). Πριν την εμφάνιση αυτών των τιμών στην οθόνη, γίνεται κανονικοποίηση στην κλίμακα του Αριθμού Υπολογιστικής Τομογραφίας (Α.Υ.Τ., CT number), που ορίζεται ως :

$$\text{CT number} = \frac{\mu_{\text{tissue}} - \mu_{\text{water}}}{\mu_{\text{water}}} \times 1000$$

Όπου μ_{tissue} ο γραμμικός συντελεστής εξασθένησης της ακτινοβολίας στον ιστό

μ_{water} ο γραμμικός συντελεστής εξασθένησης της ακτινοβολίας στο νερό

Να σημειωθεί στο σημείο αυτό ότι ο γραμμικός συντελεστής εξασθένησης της ακτινοβολίας (linear attenuation coefficient) εμφανίζεται στην εξίσωση

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

και εξαρτάται από το είδος της ακτινοβολίας την ενέργειά της και το υλικό το οποίο διαπερνά η δέσμη.

Οι τιμές που παίρνει αυτός ο αριθμός (οι οποίες ονομάζονται και μονάδες Hounsfield Hounsfield units H.U.) κυμαίνονται από 1000

(μηδενική απορρόφηση) έως 1000 (πλήρης απορρόφηση). Έτσι ο αέρας παίρνει τιμές μεταξύ 800 και 1000, το νερό τιμή 0, τα

παρεγχυματικά όργανα ήπαρ, πάγκρεας, σπλήνας, νεφροί κ.λ.π. τιμές μεταξύ 40 και 80 και τα οστά τιμές μεγαλύτερες από 800.

ΝΕΩΤΕΡΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ – Πέμπτη γενιά ΕΛΙΚΟΕΙΔΗΣ (SPIRAL) ΤΕΧΝΙΚΗ

Η τεχνική αυτή έχει αυξήσει κατά πολύ τις δυνατότητες απεικόνισης της Υ.Τ. Συνίσταται στην ταυτόχρονη μετακίνηση της εξεταστικής τράπεζας κατά τη διάρκεια εκπομπής ακτινοβολίας και περιστροφής της λυχνίας γύρω από τον εξεταζόμενο. Έτσι η λήψη των δεδομένων γίνεται με μορφή έλικας. Ο όγκος των δεδομένων είναι πολύ μεγαλύτερος και οι δυνατότητες απεικόνισης των δεδομένων αυτών είναι πολύ μεγαλύτερες. Υπάρχει η

δυνατότητα ανακατασκευής και απεικόνισης και σε άλλα επίπεδα (στεφανιαίο και οβελιαίο) καθώς και τρισδιάστατης απεικόνισης απ' ευθείας από πρωτογενή δεδομένα (raw data). Ισως όμως το πιο σημαντικό είναι η δραστική μείωση του χρόνου εξέτασης. Με τη νέα τεχνική ο χρόνος εξέτασης του εξεταζόμενου (ο χρόνος ο οποίος χρειάζεται να βρίσκεται ο εξεταζόμενος στην εξεταστική τράπεζα, χωρίς να υπολογίζονται οι προετοιμασίες πριν και μετά την εξέταση) περιορίζεται σε μισό λεπτό περίπου, ενώ με την παλαιά τεχνική ήταν της τάξης των πέντε λεπτών.

Πολυεπιπεδη αναδημιουργία

Η πολυεπιπεδη αναδημιουργία (MPR) είναι η απλούστερη μέθοδος αναδημιουργίας. Ένας όγκος χτίζεται με τη συσσώρευση των αξονικών τομών. Το λογισμικό κόβει έπειτα τις τομές μέσω του όγκου σε ένα διαφορετικό πλάνο (συνήθως ορθογώνιο). Προαιρετικά, μια πρόσθετη μέθοδος προβολής, όπως η προβολή μέγιστης-έντασης (MIP) ή η προβολή ελάχιστης-έντασης (mIP), μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να χτίσει τις αναδημιουργημένες τομές. MPR χρησιμοποιείται συχνά για την εξέταση της σπονδυλικής στήλης. Οι αξονικές εικόνες της σπονδυλικής στήλης θα παρουσιάσουν μόνο ένα εξωτερικό σπονδυλικό τμήμα και δεν μπορούν να παρουσιάσουν τους ενδοσπονδυλικούς δίσκους. Με την επαναμορφοποίηση του όγκου, γίνεται πολύ

ευκολότερο να απεικονιστεί η θέση ενός σπονδυλου σε σχέση με τους άλλους. Το σύγχρονο λογισμικό επιτρέπει την αναδημιουργία στα μη-ορθογώνια (πλάγια) πλάνα έτσι ώστε το βέλτιστο πλάνο να μπορεί να επιλεγεί για να επιδείξει μια ανατομική δομή. Αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για τη δομή των βρόγχων δεδομένου ότι αυτοί δεν βρίσκονται κάθετοι στην κατεύθυνση της ανίχνευσης. Για την αγγειακή απεικόνιση, η κυρτη-επίπεδη αναδημιουργία μπορεί να εκτελεσθεί. Αυτό φυσικά επιτρέπει τις στροφές σε ένα πλάνο ώστε «να ισιωθεί» όποτε ολόκληρο το μήκος να μπορεί να απεικονιστεί σε μια εικόνα, ή μια σύντομη σειρά εικόνων. Μόλις «ισιώσουν» ένα τμήμα κατά αυτόν τον τρόπο, οι ποσοτικές μετρήσεις του μήκους και της διατομικής περιοχής μπορούν να γίνουν εύκολα, έτσι ώστε να διευκολυνθεί η επεξεργασία χειρουργικών επεμβάσεων. Οι αναδημιουργίες MIP ενισχύουν τους τομείς της υψηλής πυκνότητας, και είναι έτσι χρήσιμες για τις αγγειογραφικές μελέτες. Αντίθετα οι mIP αναδημιουργίες τείνουν να ενισχύσουν τα διάκενα δομών είναι συνεπώς χρήσιμες για τη εξέταση της δομής των πνευμόνων.

Εικόνα 2.3.1: Μηχάνημα πολυεπίπεδης σάρωσης (Πηγή : wikimedia.org)

Τρισδιάστατη αναδημιουργία εικόνας

Αρχικά επειδή οι σύγχρονοι ανιχνευτές CT προσφέρουν ισοτροπική, ή αρκετά ισοτροπική ανάλυση, η επίδειξη των εικόνων δεν πρέπει να περιοριστεί στις συμβατικές αξονικές εικόνες. Αντ' αυτού, είναι δυνατό με ένα πρόγραμμα λογισμικού να χτιστεί ένας όγκος με «τη συσσώρευση» των μεμονωμένων τομών τη μια πάνω από την άλλη. Το πρόγραμμα μπορεί έπειτα να επιδείξει τον όγκο κατά τρόπο εναλλακτικό.

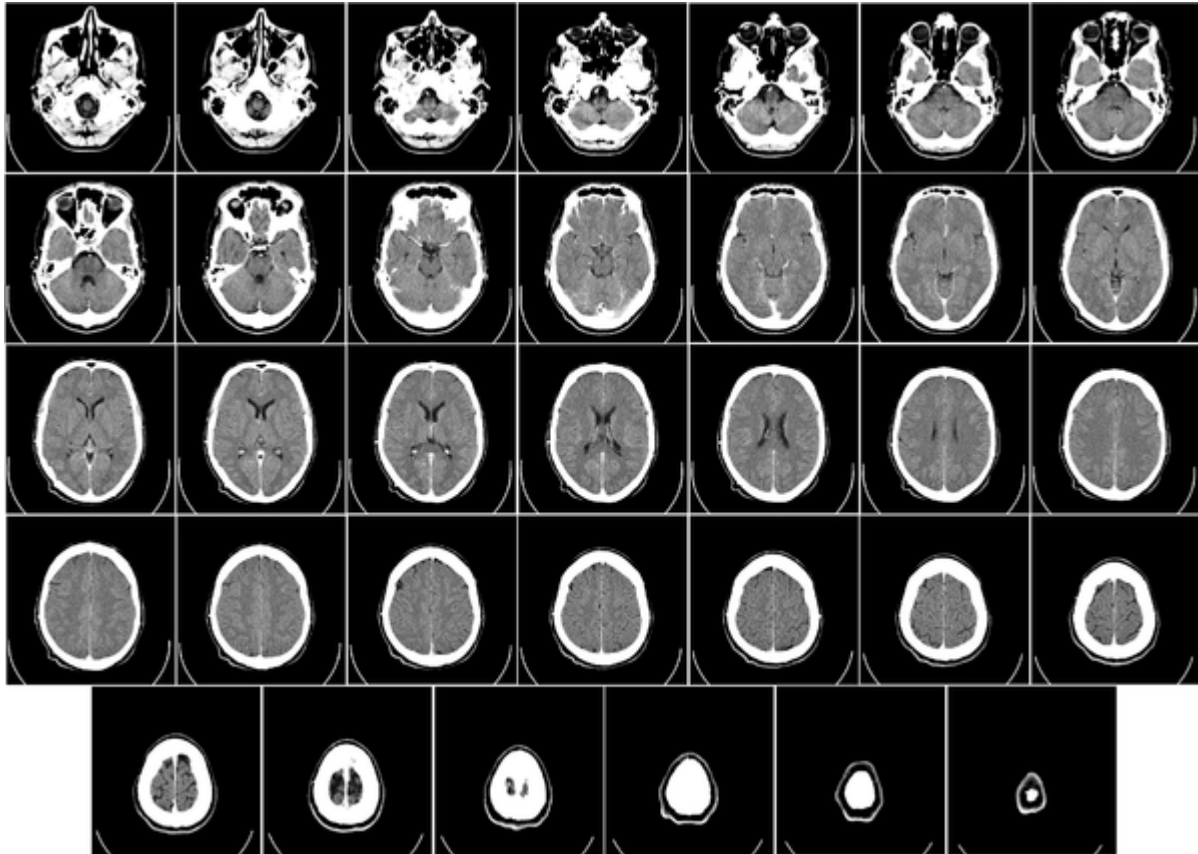
Τεχνικές τρισδιάστατης αναπαράστασης

Η επιφάνεια που δίνει την μέγιστη πυκνότητα επιλέγεται από το χειριστή (π.χ. ένα επίπεδο που αντιστοιχεί στο κόκκαλο). Ένα επίπεδο κατώτατων ορίων τίθεται αντίστοιχα για τους ιστούς. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τους αλγόριθμους επεξεργασίας εικόνας γίνεται η ανίχνευση του κάθε τμήματος ανάλογα με την πυκνότητα του. Από αυτό, ένα τρισδιάστατο πρότυπο μπορεί να κατασκευαστεί και να επιδειχθεί στην οθόνη. Πολλαπλά πρότυπα μπορούν να κατασκευαστούν από τα διάφορα διαφορετικά κατώτατα όρια πυκνότητας, που επιτρέπουν στα διαφορετικά χρώματα να αντιπροσωπεύσουν κάθε ανατομικό συστατικό όπως το κόκκαλο, τους μύες, και τους χόνδρους. Εντούτοις, η εσωτερική δομή κάθε στοιχείου δεν είναι ορατή σε αυτόν τον τρόπο λειτουργίας. Ο όγκος που δίνει την απόδοση επιφάνειας είναι περιορισμένος δεδομένου ότι θα επιδείξει μόνο τις επιφάνειες που συναντούν μια πυκνότητα κατώτατων ορίων, και θα επιδείξει μόνο την επιφάνεια που είναι η πιό στενή στο θεατή. Στον όγκο που δίνει, η διαφάνεια και τα χρώματα χρησιμοποιούνται για να επιτρέψουν σε μια καλύτερη αντιπροσώπηση του όγκου και να παρουσιαστούν σε μια ενιαία εικόνα-π.χ. τα κόκκαλα της λεκάνης θα μπορούσαν να επιδειχθούν όπως ημιδιάφανα, έτσι ώστε ακόμη και σε μια πλάγια γωνία, ένα μέρος της εικόνας δεν κρύβει τίποτα.

Επεξεργασία εικόνας

Όπου οι διαφορετικές δομές έχουν το παρόμοιο πυκνότητα, μπορεί να γίνει αδύνατο να χωριστούν απλά με τη ρύθμιση του όγκου που δίνει τις παραμέτρους. Η λύση καλείται κατάτμηση, είναι χειρωνακτική ή αυτόματη διαδικασία που μπορούν να αφαιρέσουν τις ανεπιθύμητες δομές από την εικόνα.
το παράδειγμα

Μερικές τομές μιας κρανιακής ανίχνευσης CT παρουσιάζεται κατω



Εικόνα 2.3.3: Αξονική τομογραφία ανθρώπινου κρανίου (Πηγή : wikipedia.org)

Τα οστά είναι πιο άσπρα από την περιβάλλουσα περιοχή. (Πιο άσπρο χρώμα σημαίνει μεγαλύτερη σκέδαση, αρα και πυκνότητα)

Τα αιμοφόρα αγγεία παρουσιάζονται πιο φωτεινά, γεγονός που οφείλεται στην έγχυση ενός ιχνηθετη βασισμένο στο ιώδιο.

2.5 ΣΦΑΛΜΑΤΑ-Artifacts

Αν και το CT είναι μια σχετικά ακριβής μέθοδος , είναι αναγκασμένη να αναπαραγάγει τα σφάλματα , όπως το ακόλουθο Aliasing σφάλμα ή οι ραβδώσεις που εμφανίζονται ως σκοτεινές γραμμές που ακτινοβολούν μακριά από τις αιχμηρές γωνίες. Αυτό εμφανίζεται επειδή είναι αδύνατο για τον ανιχνευτή «στο δείγμα» να παίρνει αρκετές προβολές του αντικειμένου, το οποίο είναι συνήθως μεταλλικό. Μπορεί επίσης να εμφανιστεί όταν επιλέγεται ένα ανεπαρκές ρεύμα στον καθοδικό σωλήνα παραγωγής ακτίνων X, και εμφανίζεται η ανεπαρκής διεύθυνση της ακτίνας X. Αυτά τα σφάλματα είναι επίσης πολύ διαδεδομένα λογο της κίνησης κατά τη διάρκεια μιας ανίχνευσης. Αυτός ο τύπος σφάλματος εμφανίζεται συνήθως στις επικεφαλής εικόνες γύρω από τη βλεννογόνο περιοχή . Η μερική μεταβολή όγκου εμφανίζεται «θολώνοντας» πέρα από τις αιχμηρές άκρες. Αυτό βεβαια οφείλεται στον ανιχνευτή όντας ανίκανος να διαφοροποιήσει ένα υλικού υψηλής πυκνότητας (π.χ. κόκκαλο) και ένα χαμηλότερης πυκνότητας (π.χ. χόνδρος). Ο επεξεργαστής προσπαθεί να υπολογίσει κατά μέσο όρο έξω τις δύο πυκνότητες ή τις δομές, και οι πληροφορίες χάνονται. Αυτό μπορεί να υπερνικηθεί μερικώς με την χρήση λεπτότερων τομών. Το σφάλμα των δακτυλίων, πιθανώς το πιο κοινό μηχανικό σφάλμα, η εικόνα ενός ή πολλών «δακτυλιδιών» εμφανίζεται μέσα σε μια

εικόνα. Αυτό οφείλεται συνήθως σε ένα ελάττωμα ανιχνευτών. Ένα άλλο σφάλμα θορύβου εμφανίζεται ως κοκκοποίηση στην εικόνα και προκαλείται από μια χαμηλή αναλογία σήματος/διαταραχής. Αυτό εμφανίζεται συχνότερα όταν χρησιμοποιείται τομή λεπτού πάχους. Μπορεί επίσης να εμφανιστεί όταν η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στο καθοδικό σωλήνα είναι μικρή και κατά συνέπεια η ακτίνα Χ είναι ανεπαρκής στο να διαπεράσει την ανατομία. Το σφάλμα κινήσεων επίσης εμφανίζει θόλωμα ή ραβδώσεις που προκαλείται από τη μετακίνηση του αντικείμενου που είναι αποτυπωμένο. Οι ραβδώσεις στις εμφανίσεις επίσης μπορεί να εμφανιστούν όταν κόβουν οι ανιχνευτές το πλάνο αναδημιουργίας. Αυτό φυσικά μπορεί να μειωθεί με τα φίλτρα και το λογισμικό.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Πέρα από την παραδοσιακή ακτινογραφία υπάρχουν διάφορα πλεονεκτήματα που παρέχει η ΑΤ. Κατ' αρχάς, το CT αποβάλλει πλήρως την υπέρθεση των εικόνων της εξωτερικής όψης δομών έξω του τομέα ενδιαφέροντος. Δεύτερον, λόγω του έμφυτης υψηλής-αντίθεσης ανάλυση του CT, οι διαφορές μεταξύ των ιστών που διαφέρουν στη φυσική πυκνότητα κατά λιγότερο από 1% μπορούν να διακριθούν. Τέλος, τα στοιχεία από μια ενιαία διαδικασία απεικόνισης CT που αποτελείται από είτε πολλαπλά συνεχόμενα είτε μια ελικοειδή ανίχνευση μπορούν να αποτυπωθούν ως εικόνες σε αξονική, κατακόρυφη (από μπρος προς τα πίσω σε ένα όρθιο σώμα), είτε κάθετη (από το κεφάλι προς τα πόδια) τομογραφία, ανάλογα με το διαγνωστικό στόχο. Αυτό αναφέρεται ως πολύεπιπεδη επαναμορφοποιημένη απεικόνιση. Το CT θεωρείται από μέτριας έως υψηλής ακτινοβολίας διαγνωστική τεχνική. Ενώ οι τεχνικές πρόοδοι έχουν βελτιώσει την αποδοτικότητα της ακτινοβολίας, έχει υπάρξει ταυτόχρονη πίεση να ληφθεί απεικόνιση υψηλότερης ανάλυσης και να χρησιμοποιηθούν οι πιο σύνθετες τεχνικές ανίχνευσης, και οι δύο από τις οποίες απαιτούν τις υψηλότερες δόσεις της ακτινοβολίας. Η βελτιωμένη ανάλυση του CT έχει επιτρέψει την ανάπτυξη των νέων ερευνών, οι οποίες μπορούν να έχουν τα πλεονεκτήματα έναντι της συμβατικής αγγειογραφίας. Η δόση ακτινοβολίας για μια ξεχωριστή μελέτη εξαρτάται από πολλαπλούς παράγοντες: τον όγκο που ανιχνεύεται, τη φυσική κατάσταση του ασθενούς, τον αριθμό και τον τύπο των επιθυμητών ανιχνεύσεων καθώς και την επιθυμητή ποιότητα ανάλυσης και εικόνας. Επιπλέον, δύο ελικοειδείς παράμετροι ανίχνευσης CT που μπορούν να ρυθμιστούν εύκολα και που έχουν μια βαθιά επίδραση στη δόση ακτινοβολίας είναι το ρεύμα και το υλικό του καθοδικού σωλήνα της πηγής.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Ο αξονικός τομογράφος φυσικά έχει και ένα σύνολο από μειονεκτήματα τα οποία καταγράφονται παρακάτω.

Επειδή οι ανιχνεύσεις CT αντίθεσης στηρίζονται στους ενδοφλεβίως εισαχθείσες ουσίες ιχνηθέτησης προκειμένου να δημιουργηθεί μια ανώτερη ποιότητα εικόνας, υπάρχει ένα χαμηλό αλλά μη-αμελητέο επίπεδο κινδύνου σε σχέση με τις ουσίες αυτές. Πολλοί ασθενείς παρουσιάζουν τη ναυτία και την ταλαιπωρία, συμπεριλαμβανομένης της ζεστασιάς στο δίκρανο που δημιουργεί την αίσθηση του βρεξίματος. Ορισμένοι ασθενείς μπορούν να δοκιμάσουν τις αυστηρές και ενδεχομένως απειλητικές για τη ζωή αλλεργικές αντιδράσεις στη χρωστική ουσία που χρησιμεύει στην αντίθεση των εικόνων. Ο ιχνηθέτης αντίθεσης μπορεί επίσης να προκαλέσει τη ζημία νεφρών. Ο κίνδυνος αυτού αυξάνεται με τους ασθενείς που έχουν την προϋπάρχουσα νεφρική ανεπάρκεια, τον προϋπάρχοντα διαβήτη, ή το μειωμένο ενδοαγγειακό όγκο. Γενικά, εάν ένας ασθενής έχει την κανονική λειτουργία νεφρών, κατόπιν οι κίνδυνοι νεφροπάθειας λόγω της ουσίας είναι αμελητέοι. Οι ασθενείς με την ήπια εξασθένηση νεφρών ενθαρρύνονται συνήθως για να εξασφαλίσουν πλήρη ενυδάτωση για αρκετές ώρες πριν και μετά από την έγχυση. Για τη

μέτρια αποτυχία νεφρών, η χρήση της ιονίζουσας ουσίας αντίθεσης γεγονός που οδηγεί στην εναλλακτική τεχνική αντί του CT π.χ. MRI.

ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Η ασφάλεια αφορά την αυξανόμενη χρήση των ανιχνεύσεων CT και πρέπει να είναι η μέγιστη σε δύο τομείς: την εξέταση των ενηλίκων (CT εξέταση του πνεύμονα στους καπνιστές, την εικονική κολονοσκόπηση, την καρδιακή εξέταση CT και το ολόσωμο CT στους ασυμπτωματικούς ασθενείς) και απεικόνιση CT των παιδιών. Ο περιορισμός του χρόνου ανίχνευσης σε περίπου ένα δευτερόλεπτο, που εξαλείφει την ανάγκη για τον ασθενή για να παραμείνει ακίνητος ή να χαλαρώσει, είναι ένας από τους κύριους λόγους για τη μεγάλη αύξηση στον παιδιατρικό πληθυσμό (ειδικά για τη διάγνωση της σκωληκοειδίτιδας). Ανιχνεύσεις CT των παιδιών έχει υπολογιστεί πως παραγάγουν τις μη-αμελητέες αυξήσεις στην πιθανότητα της θνησιμότητας λόγω καρκίνου κατά τη διάρκεια ζωής, γεγονός που οδηγεί στις εναντιώσεις για τη χρήση ανιχνεύσεων CT των παιδιών. Αυτοί οι υπολογισμοί είναι βασισμένοι στην υπόθεση μιας γραμμικής σχέσης μεταξύ της δόσης ακτινοβολίας και του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου αυτή η αξίωση είναι αμφισβητήσιμη, γιατί τίποτα δεν δείχνει ότι οι μικρότερες δόσεις ακτινοβολίας είναι λιγότερο επιβλαβείς. Οι εκτιμημένοι κίνδυνοι θνησιμότητας λόγω καρκίνου κατά τη διάρκεια ζωής αποδοτέα στην έκθεση ακτινοβολίας από ένα CT σε ένα παιδί 1 έτους είναι 0.18% (κοιλιακός) και 0.07% (κεφάλι) - ένα μέγεθος υψηλότερο απ'ό, τι για ενήλικο, αν και εκείνοι οι αριθμοί αντιπροσωπεύουν ακόμα μια μικρή αύξηση στη θνησιμότητα λόγω καρκίνου. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, περίπου 600.000 κοιλιακών και επικεφαλής εξετάσεων CT που εκτελούνται ετησίως στα παιδιά κάτω από την ηλικία 15 ετών, μια κατά προσέγγιση εκτίμηση είναι ότι 500 της δύναμης αυτών των ατόμων πεθαίνουν τελικά από τον καρκίνο οφειλόμενο στην ακτινοβολία CT. Ο πρόσθετος κίνδυνος είναι ακόμα πολύ χαμηλός (0.35%) έναντι του κινδύνου υποβάθρου για τον καρκίνο (23%). Εντούτοις, εάν αυτές οι στατιστικές επεκτείνονται στον τρέχοντα αριθμό ανιχνεύσεων CT, η πρόσθετη άνοδος στη θνησιμότητα λόγω καρκίνου θα μπορούσε να είναι 1.5 2%. Επιπλέον, ορισμένοι όροι μπορούν να απαιτήσουν τα παιδιά για να εκτεθούν στις πολλαπλάσιες ανιχνεύσεις CT. Πάλι, αυτοί οι υπολογισμοί μπορούν να είναι προβληματικοί επειδή οι υποθέσεις που κρύβονται κάτω από τους μπόρεσαν να υπερεκτιμήσουν τον κίνδυνο. Το 2009 διάφορες μελέτες εμφανίστηκαν ότι περαιτέρω καθορισμένος τον κίνδυνο καρκίνου που μπορεί να προκληθεί από τις ανιχνεύσεις CT. Μια μελέτη έδειξε ότι η ακτινοβολία από τις ανιχνεύσεις CT είναι συχνά υψηλότερη και πιο μεταβλητή από την αναφερομένη και κάθε ένα από των 19.500 ανιχνεύσεων CT που είναι καθημερινές στις ΗΠΑ είναι ισοδύναμο με 30 έως 442 θωρακικές ακτίνες X στην ακτινοβολία. Έχει υπολογιστεί ότι η έκθεση ακτινοβολίας CT θα οδηγήσει σε 29.000 νέες υποθέσεις καρκίνου ακριβώς από τις ανιχνεύσεις CT που εκτελούνται. Οι πιο κοινοί καρκίνοι που προκαλούνται από το CT είναι πιθανά καρκίνος πνευμόνων, καρκίνος εντέρου και λευχαιμία με τους νέους και τις γυναίκες πιο πολύ σε κίνδυνο. Αυτά τα συμπεράσματα, εντούτοις, επικρίνονται από το αμερικανικό κολλέγιο της ακτινολογίας (ACR) που υποστηρίζει ότι η υπολογιζόμενη διάρκεια ζωής ανιχνευμένων των CT ασθενών δεν είναι αυτή του γενικού πληθυσμού και ότι το πρότυπο του υπολογισμού του καρκίνου είναι βασισμένο στη συνολική έκθεση ακτινοβολίας σωμάτων και έτσι ελαττωματικό. Ανιχνεύσεις CT μπορούν να εκτελεστούν με τις διαφορετικές τοποθετήσεις για τη χαμηλότερη έκθεση στα παιδιά, αν και αυτές οι τεχνικές δεν υιοθετούνται συχνά. Οι έρευνες έχουν προτείνει ότι αυτήν την μεθοδο, πολλές ανιχνεύσεις CT χωρίς να εκτελούνται απαραίτητα. Η ανίχνευση υπερήχου ή η απεικόνιση μαγνητικής τομογραφίας είναι εναλλακτικές λύσεις (παραδείγματος χάριν, στη σκωληκοειδίτιδα ή την εγκεφαλική απεικόνιση) χωρίς τον κίνδυνο έκθεσης ακτινοβολίας. Αν και οι ανιχνεύσεις CT έρχονται με έναν πρόσθετο κίνδυνο καρκίνου (μπορεί να υπολογιστεί ότι η έκθεση ακτινοβολίας από μια πλήρη ανίχνευση σωμάτων είναι η ίδια με σταση 2.4 χλμ μακριά από τις εκρηξεις ατομικών βομβών στην Ιαπωνία). Μελέτες υποστηρίζουν την πληροφόρηση των γονέων για τους κινδύνους παιδιατρικής ανίχνευσης CT.

Ανίχνευση CT χαμηλής-δόσεως

Το κύριο ζήτημα μέσα στην ακτινολογία είναι σήμερα πώς να μειώσει τη δόση ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια των εξετάσεων CT χωρίς συμβιβασμό της ποιότητας εικόνας. Γενικά, μια υψηλή δόση ακτινοβολίας οδηγεί στις υψηλής ευκρίνειας εικόνες, ενώ μια χαμηλότερη δόση οδηγεί στον αυξανόμενο θόρυβο εικόνας και οδηγεί στις εικόνες χαμηλής ευκρίνειας. Δυστυχώς, όσο η

δόση ακτινοβολίας αυξάνει, τόσο κάνει το σχετικό κίνδυνο λόγω ακτινοβολίας να αυξάνεται . Η εξέταση καρκίνου-κοιλίας με CT τεσσάρων φάσεων δίνει την ίδια δόση ακτινοβολίας με 300 θωρακικές ακτινογραφίες. Εντούτοις, υπάρχουν διάφορες μέθοδοι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν προκειμένου να χαμηλώσουν την έκθεση στην ακτινοβολία ιονισμού κατά τη διάρκεια μιας ανίχνευσης CT. Η νέα τεχνολογία λογισμικού μπορεί σημαντικά να μειώσει τη δόση ακτινοβολίας. Το λογισμικό λειτουργεί ως φίλτρο που μειώνει τον τυχαίο θόρυβο και ενισχύει τις δομές. Κατά αυτόν τον τρόπο, είναι δυνατό να αποκτηθούν οι υψηλής ποιότητας εικόνες και να χαμηλωθεί συγχρόνως η δόση κατά τουλάχιστον 30 έως 70 τοις εκατό. Εξατομικεύοντας φυσικά την εξέταση και ρυθμίζοντας τη δόση ακτινοβολίας στον τύπο σωμάτων και το όργανο σωμάτων που εξετάζονται. Οι διαφορετικοί τύποι και τα όργανα σωμάτων απαιτούν και διαφορετικά ποσά ακτινοβολίας. Πριν από κάθε εξέταση CT, αξιολογείται η καταλληλότητα του εξεταζόμενου εάν είναι κατάλληλος ή εάν ένας άλλος τύπος εξέτασης είναι καταλληλότερος.

ΚΑΡΔΙΑΚΟ CT

Με την εμφάνιση στο CT της περιστροφής subsecond που συνδυάζεται με πολλαπλές τομές (μέχρι 64 τομές), η υψηλή ευκρίνεια και η υψηλή ταχύτητα μπορούν να ληφθούν συγχρόνως, επιτρέποντας την άριστη απεικόνιση των στεφανιαίων αρτηριών (καρδιακή αγγειογραφία CT). Οι εικόνες με ένα ακόμα μεγαλύτερο χρονικό βήμα μπορούν να διαμορφωθούν χρησιμοποιώντας αναδρομική αποτύπωση (gating ECG). Σε αυτήν την τεχνική, κάθε μέρος της καρδιάς είναι απεικονισμένο περισσότερο από μία φορές ενώ ένα ίχνος ECG καταγράφεται. Το ECG χρησιμοποιείται έπειτα για να συσχετίσει τα στοιχεία CT με τις αντίστοιχες φάσεις καρδιακής συστολής τους. Μόλις αυτός ο συσχετισμός είναι πλήρης, όλα τα στοιχεία που καταγράφηκαν ενώ η καρδιά ήταν στην συστολή μπορούν να αγνοηθούν και οι εικόνες μπορούν να γίνουν από τα υπόλοιπα στοιχεία που αποκτήθηκαν ενώ η καρδιά ήταν σε διαστολή. Με αυτόν τον τρόπο, τα μεμονωμένα πλαίσια σε μια καρδιακή έρευνα CT έχουν μια καλύτερη χρονικά ανάλυση εξαιτίας του σύντομου χρόνου περιστροφής των σωλήνων. Επειδή η καρδιά είναι απεικονισμένη αποτελεσματικά περισσότερο από μία φορά, η καρδιακή αγγειογραφία CT οδηγεί σε μια σχετικά υψηλή έκθεση ακτινοβολίας περίπου 12 mSv. Χάριν της σύγκρισης, μια θωρακική ακτίνα X φέρνει μια δόση περίπου 0.02 με 0.2 mSv και η έκθεση ακτινοβολίας φυσικού υποβάθρου είναι περίπου 0.01 mSv/ημέρα. Κατά συνέπεια, το καρδιακό CTA είναι ισοδύναμο με περίπου 100-600 θωρακικές ακτινογραφίες με ακτίνες X ή πάνω από 3 έτη αποδοχής της ακτινοβολίας φυσικού υποβάθρου. Διαφοροί μέθοδοι είναι διαθέσιμες για να μειώσουν αυτήν την έκθεση, όπως η μειωμένη ενδεχομένως παραγωγή ακτινοβολίας βασισμένη στο ταυτόχρονα ταχυστατο ECG (τρέχουσα διαμόρφωση σωλήνων). Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μια σημαντική μείωση στην έκθεση ακτινοβολίας, συμβιβάζοντας τον κίνδυνο της ποιότητας της εικόνας εάν υπάρχει οποιαδήποτε αρρυθμία κατά τη διάρκεια της αποτύπωσης. Η αρνητική επίπτωση των δόσεων ακτινοβολίας στη διαγνωστική απεικόνιση δεν έχει αποδειχθεί. Αν και η υπάρχει ανησυχία για τον αυξανόμενο κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου σε ολόκληρο πληθυσμό. Αυτός ο πιθανός κίνδυνος πρέπει να αντισταθμιστεί ενάντια στον κίνδυνο να μην εντοπιστεί ένα σημαντικό πρόβλημα υγείας όπως η ασθένεια στεφανιαίων αρτηριών. Αυτήν την περίοδο, φαίνεται ότι η μέγιστη χρησιμότητα του καρδιακού CT βρίσκεται στην αντιμετώπιση και διάγνωση της ασθένειας στεφανιαίων αρτηριών. Αυτό είναι επειδή η δοκιμή έχει μια υψηλή ευαισθησία (μεγαλύτερη από 90%) και έτσι ένα αρνητικό αποτέλεσμα της δοκιμής σημαίνει ότι ένας ασθενής είναι πολύ απίθανο να έχει την ασθένεια στεφανιαίων αρτηριών και μπορεί να εργαστεί πάνω σε άλλες αιτίες των θωρακικών συμπτωμάτων τους. Αυτό ονομάζεται υψηλή αρνητική ικανότητα πρόβλεψης. Η θετική ικανότητα πρόβλεψης του καρδιακού CTA υπολογίζεται περίπου 82% και η αρνητική ικανότητα πρόβλεψης είναι περίπου 93%. Οι διπλοί ανιχνευτές CT πηγής, που χρησιμοποιούνται από το 2005, επιτρέπουν την υψηλότερη ανάλυση με την απόκτηση μιας πλήρους τομής CT σε μόνο μισή περιστροφή., Κατά συνέπεια μειώνεται το θόλωμα λόγω κινήσεων της καρδιάς σε υψηλά ποσοστά και λόγω του χρόνου που ο ασθενής κρατά την αναπνοή του. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για τους άρρωστους ασθενείς που έχουν τη δυσκολία να κρατούν την αναπνοή τους. Τα πλεονεκτήματα ταχύτητας 64 τομών MSCT το έχουν καθιερώσει γρήγορα ως κατώτατο επίπεδο για τους πρόσφατα εγκατεστημένους ανιχνευτές CT προοριζόμενους για την καρδιακή ανίχνευση. Οι κατασκευαστές τώρα ενεργά αναπτύσσουν τη τομή 256 και τους αληθινούς «ογκομετρικούς» ανιχνευτές, πρωτίστως για τη βελτιωμένη απόδοση καρδιακής ανίχνευσης. Οι πιό πρόσφατοι ανιχνευτές MSCT αποκτούν τις

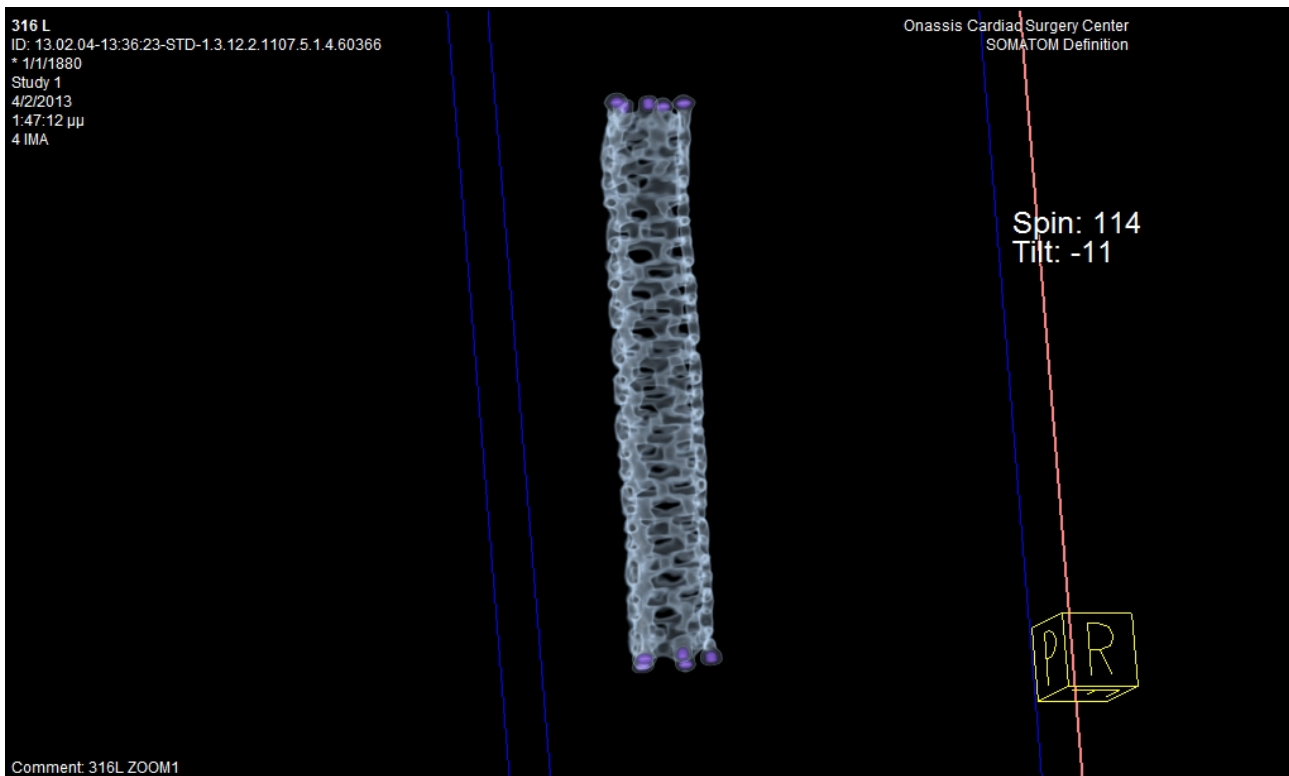
εικόνες μόνο σε 70-80% του διαστήματος RR διαστολής του μυοκαρδίου. Αυτό το ενδεχόμενο gating μπορεί να μειώσει την αποτελεσματική δόση από 10-15mSv τόσο σε λίγα όπως 1.2mSv στους ακόλουθους ασθενείς που αποκτούν κατά 75% του διαστήματος RR. Αποτελεσματικές δόσεις σε ένα κέντρο με καλά εκπαιδευμένο προσωπικό που κάνει τη στεφανιαία απεικόνιση μπορεί να υπολογίσει κατά μέσο όρο λιγότερο από τις δόσεις για τη συμβατική στεφανιαία αγγειογραφία.

2.6 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ STENT ΜΕ CT SCAN

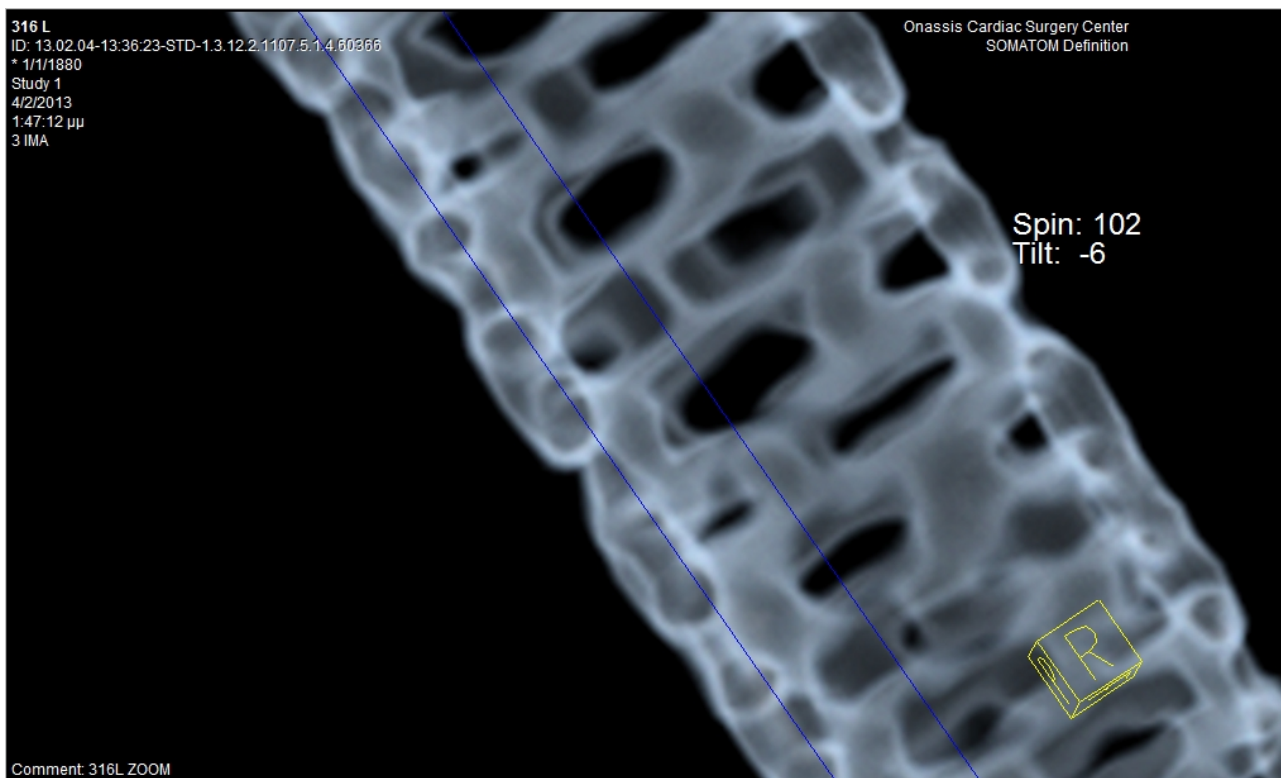
Πειραματική Διαδικασία- Αποτελέσματα

Στα πλαίσια της διπλωματικής μας εργασίας κρίθηκε αναγκαίο να γίνει απεικόνιση των δυο τύπων στεντ που είχαμε στην κατοχή μας με χρήση αξονικού τομογράφου. Όπως έχει ήδη προαναφερθεί η ανάγκη για έλεγχο των εισηγμένων στεντ μετεγχειρητικά στους ασθενείς μπορεί να δώσει πολύ σημαντικές πληροφορίες για το πως εξελίσσεται η θεραπεία του. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να αποφευχθεί μια πιθανή επαναστενωση , ενώ παράλληλα προφυλάσσεται και ο ασθενής αφού το στεντ είναι ένα ξένο σώμα στον οργανισμό του . Από την απεικόνιση αυτή προκύψανε οι παρακάτω εικόνες .Η λήψη τους έγινε στον αξονικό τομογράφο του Ωνασειου καρδιοχειρουργικού κέντρου, υπό την επίβλεψη της κυρίας Ρ. Μαστορακου.

Παρακάτω παρατηρούμε το stent απο ανοξειδωτο αστάλι 316L, με τα ειδικά ιχνηθετικά άκρα από τανταλιο τα οποία δίνουν σαφή ένδειξη του μήκους του κατά την επέμβαση. Γίνεται εμφανές στην φωτογραφία πως λόγω του μικρού μεγέθους των ινών του στεντ η ανακατασκευή δημιουργεί πλήθος από σφάλματα artifacts , τα οποία καθιστούν δυσδιάκριτα τα όρια των ινών ασταλιού.

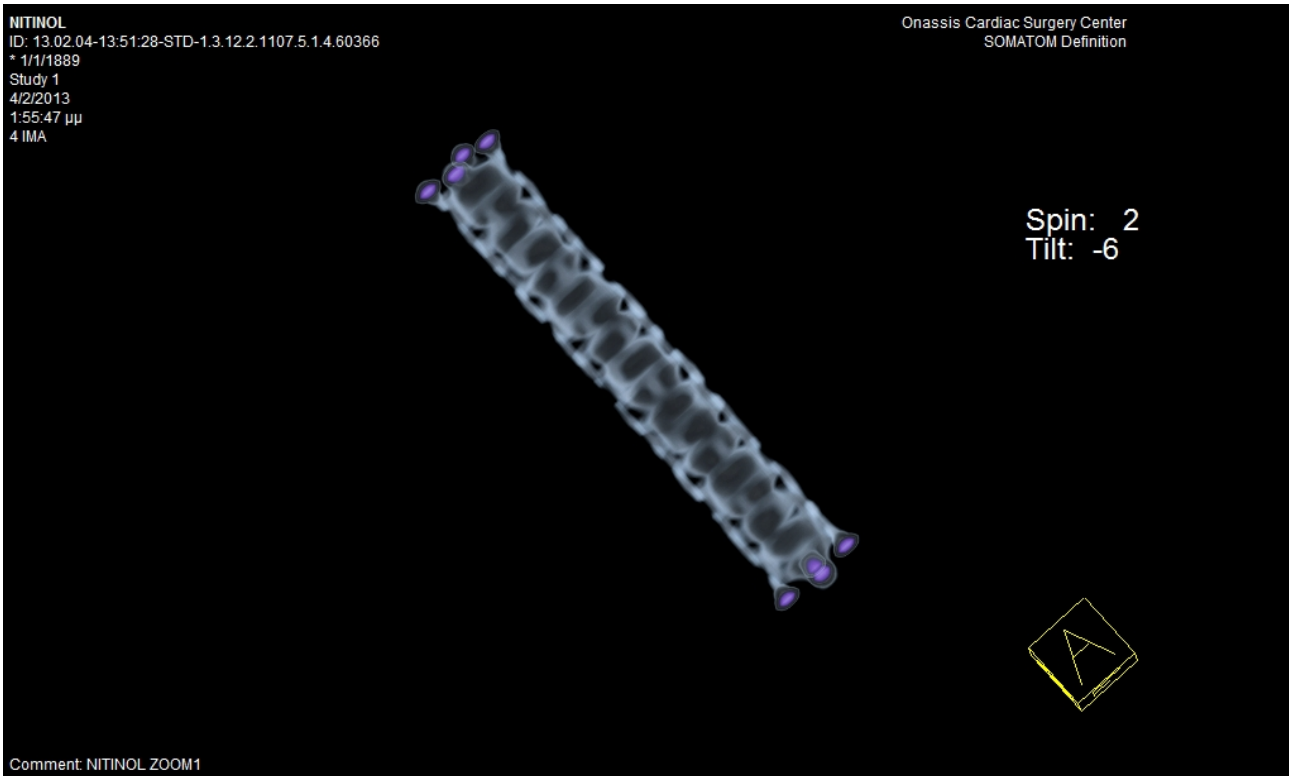


Εικόνα 2.6.1: Απεικόνιση 316L stent με αξονικό τομογράφο .(Πηγή : wikimedia.org)



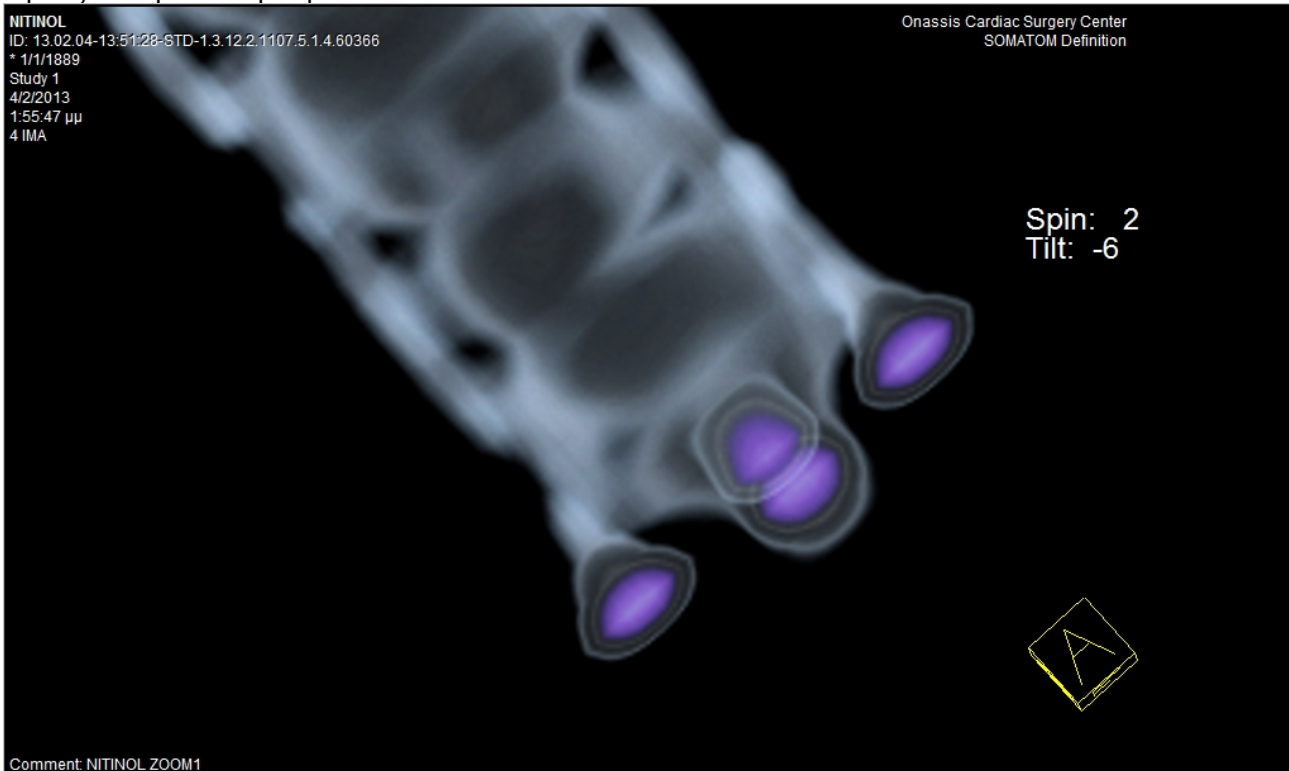
Εικόνα 2.6.2: Απεικόνιση 316L stent με αξονικό τομογράφο .

Παραπάνω έχουμε μια κοντινότερη λήψη η οποία επιβεβαιώνει τα προλεγόμενα. Στη συνέχεια παρουσιάζονται φωτογραφίες με την απεικόνιση του στεντ από κράμα νικελιου-τιτανιου, το οποίο φέρει και αυτό στα άκρα του τανταλιο για λογούς ιχνηθετησης κατά την τοποθέτηση του . Είναι εμφανές ότι η απεικόνιση του είναι δυσκολότερη από ότι το αντίστοιχο από ασάλι καθώς η χημική του σύνθεση έχει σαφώς διαφορετική συμπεριφορά απέναντι στην ακτινοβολία που το βάλλει.

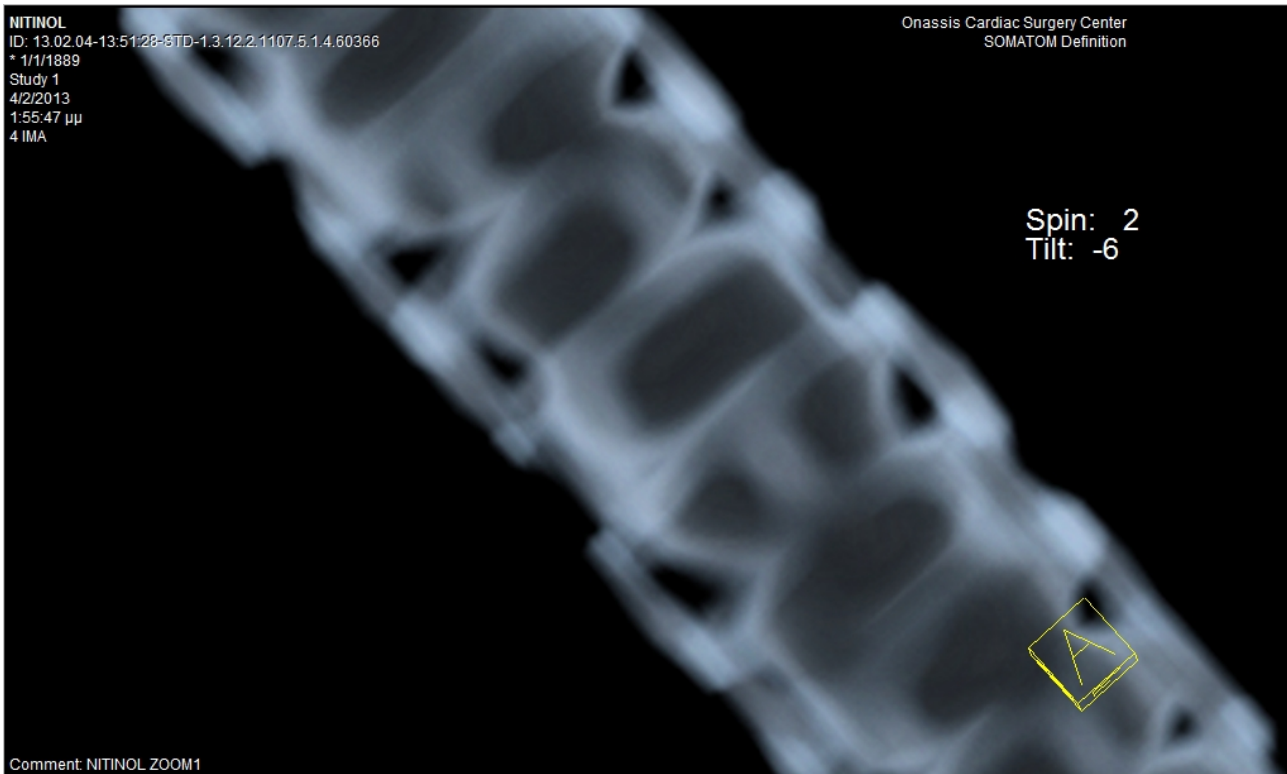


Εικόνα 2.6.3: Απεικόνιση nitinol stent με αξονικό τομογράφο .

Και σε αυτή την περίπτωση παρατηρούμε την δυσκολία του προσδιορισμού των ορίων των ινών του στεντ, εξαιτίας των artifacts που δημιουργούνται. Αυτό βέβαια είναι κάτι το οποίο πιθανότατα θα μπορούσε να διορθωθεί με αύξηση της ενέργειας των φωτονίων που εκπέμπονται, αλλά εμάς η μελέτη μας έγινε βασισμένη σε δοσολογίες ακτινοβολίας που δέχονται οι ασθενείς . Επιπλέον αξίζει να τονιστεί πως οι ρυθμίσεις των παραμέτρων στον αξονικό τομογράφο αποτελούσαν ρυθμίσεις ίδιες με εκείνες ενός καρδιακού CT που χρησιμοποιούν κατά την εξέταση και οι γιατροί.



Παρακάτω έχουμε ακόμα δυο κοντινότερες λήψεις του nitinol stent. Εικόνα 2.6.4: Απεικόνιση nitinol stent με αξονικό τομογράφο .



Εικόνα 2.6.5: Απεικόνιση nitinol stent με αξονικό τομογράφο .

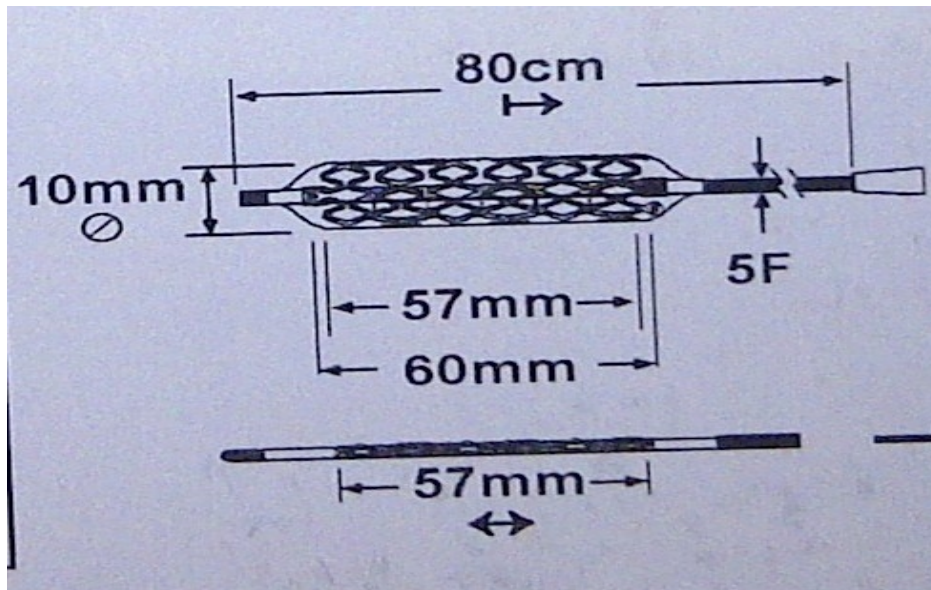
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΛΕΤΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ STENT

Στο σημείο αυτό της διπλωματικής εργασίας θα αναλύσουμε την πειραματική προσπάθεια μέτρησης των μηχανικών ιδιοτήτων των stent, τα οποία είχαμε στην κατοχή μας. Τα stent αυτά είναι χαρακτηριστικοί εκπρόσωποι των bare metal stents καθώς δεν έχουν εξωτερική επικάλυψη φαρμακευτικών ουσιών, γεγονός που τα καθιστά πιο εύχρηστα κατά την μηχανολογική μελέτη. Γενικά η μελέτη των μηχανικών ιδιοτήτων των stent θεωρούμε ότι είναι απαραίτητη καθώς η άρτια γνώση των ιδιοτήτων αυτών θα μπορούσε να διαφωτίσει άγνωστες πτυχές της δράσης των στεντ στον ανθρώπινο οργανισμό. Θα μπορούσε επίσης να μας δώσει μια εικόνα για το προς τα που θα πρέπει να κινηθούν οι επιστημονικές έρευνες ως προς την εξέλιξη των στεντ άλλα και τυχόντα κατασκευαστικά λάθη τα οποία μπορεί να επηρεασουν αρνητικά την υγεία του ασθενούς. Μάλιστα η συστηματική μελέτη των περιπτώσεων αιφνίδιου καρδιακού θανάτου λόγω επαναστενωσης στην περιοχή όπου έχει εισαχθεί το αντίστοιχο στεντ, μας υποχρεώνει να λάβουμε στα σοβαρά υπ όψιν μας όλους τους πιθανούς παράγοντες που υπεισέρχονται. Άλλωστε το στεντ είναι ένα ξένο σώμα στον οργανισμό κι επομένως υπόκειται σε καταπονήσεις που έχουν άμεση σχέση με την θέση στην οποία έχουν τοποθετηθεί π.χ. στην περίπτωση μας στις στεφανιαίες αρτηρίες . Οι φορτίσεις αυτές μπορεί να είναι άλλοτε θλιπτικές, εξαιτίας των

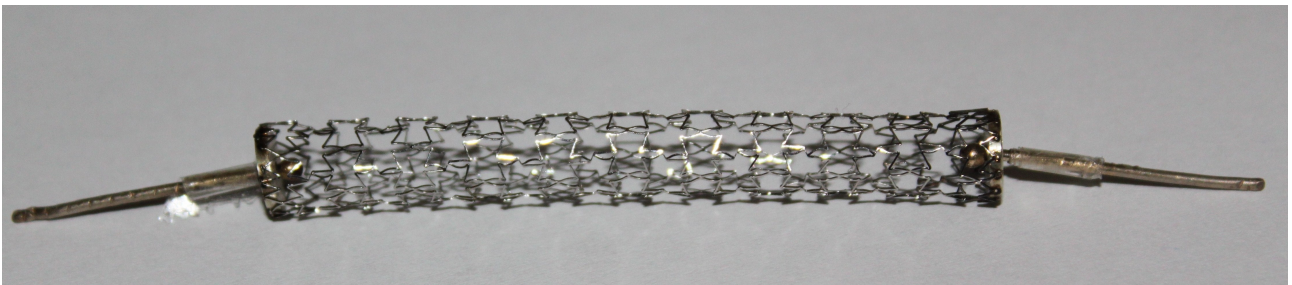
τάσεων που ασκούν οι αρτηρίες , άλλοτε εφελκυστικές και παράλληλα καμπτικές λόγω της δομής και του σχήματος των αγγείων στα οποία έχουν εισαχθεί.
Ακόμα αξίζει να σημειωθεί, πως είναι πολύ σημαντική η γνώση της ελαστικότητας των στεντ αφού η ευελιξία και ελαστικότητα τους δημιουργεί "μικρότερες πληγές" στο εσωτερικό των αρτηριών .Επομένως η ανάγκη για επιθηλίωση στα σημεία τριβής είναι μικρότερη, άρα έχουμε μικρότερη συγκέντρωση κυτταρικού υλικού που εξυπηρετεί αυτόν το σκοπό. Με άλλα λόγια αποφεύγεται η υπερσυγκέντρωση υλικού στο εσωτερικό του στεντ το οποίο με την παροδο του χρόνου μπορεί να εγκλωβίζει και άλλες ουσίες του αίματος (π.χ. Αθηρωματικές) ,οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν στην απόφραξη του. Η σωστή γνώση λοιπόν των μηχανικών ιδιοτήτων των στεντ μας βοηθά να επιλέγουμε καταλληλότερα, με βάση το υλικό και την ευκαμψία του αλλά και ανάλογά με την φραγμένη αρτηρία που έχουν να αντιμετωπίσουν οι καρδιοχειρουργοί, την ασφαλέστερη επιλογή στεντ για τον ασθενή.

Για την δίκη μας λοιπόν πειραματική διαδικασία στην κατοχή μας υπήρξαν δυο τυποι στεντ. Το πρώτο είναι ένα στεντ από ανοξείδωτο ατσάλι 316L το οποίο για να ανοίξει απαιτεί εσωτερικό μπαλόνι και έχει τα εξής χαρακτηριστικά τα οποία απεικονίζονται στην φωτογραφία. Ενώ η ονομασία του είναι VISIPRO της εταιρείας EV3.



Εικόνα 3.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά 316L στέντ .

Το στέντ μας απεικονίζεται στην παρακάτω φωτογραφία .Βεβαία υπάρχει μια προσθήκη στα άκρα του προκειμένου να γίνει εφικτή η διεξαγωγή των μετρήσεων μας.

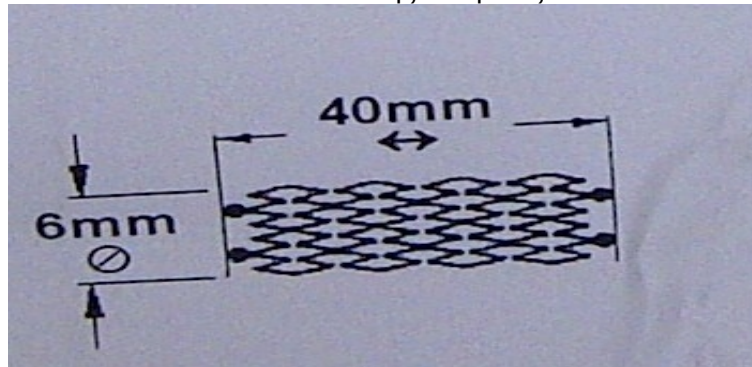


Εικόνα 3.2: Απεικόνιση 316L στέντ με ασημένιες προσθήκες στα άκρα .

Το δεύτερο είναι ένα στέντ απο κράμα νικελίου τιτανίου (nitinol)το οποίο για να ανοίξει δεν απαιτεί εσωτερικό μπαλόνι (self expanding)και έχει τα εξής χαρακτηριστικά τα οποία

απεικονίζονται στην φωτογραφία.

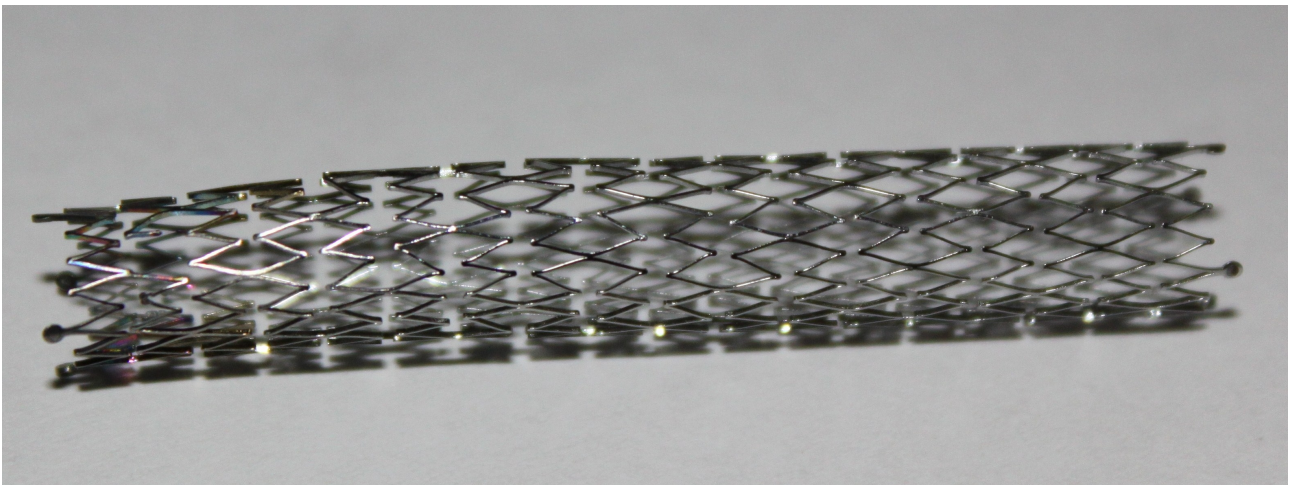
Ενώ η ονομασία του είναι PROTEGE EVERFLEX της εταιρείας EV3.



Εικόνα 3.3: Τεχνικά χαρακτηριστικά nitinol ΣΤΕΝΤ .

Έχει μήκος 40mm και μέγιστη διάμετρο 6mm. Στα άκρα του επίσης εντοπίζονται και στοιχεία από ταντάλιο , τα οποία το καθιστούν ορατό κατά την απεικόνιση του από ακτίνες X κατά την διάρκεια εισαγωγής του στον ασθενή.

Το στεντ μας απεικονίζεται στην παρακάτω φωτογραφία . Μάλιστα είναι ευδιάκριτα και τα χαρακτηριστικά στοιχεία (markers) στα άκρα του.



Εικόνα 3.2: Απεικόνιση nitinol ΣΤΕΝΤ .

Τα πειράματα μας γίνανε στο Κτίριο Αντοχής Υλικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου , υπό την επίβλεψη του καθηγητή μας κύριου Σταύρου Κουρκουλή και της επιστημονικής του ομάδας. Λόγω της μικρής ποσότητας δοκιμίων (στεντ) προς μελέτη αποφασίστηκε να γίνει ένα πείραμα μονοαξονικού εφελκυσμού σε κάθετη διάταξη.

Η διάταξη μας αποτελείται από μια μηχανή MTS INSIGHT η οποία χρησιμοποιεί 2 αρπάγες για την στερέωση και φόρτιση των δοκιμίων. Επιπλέον η μηχανή μας είναι συνδεδεμένη με έναν Η/Υ από τον οποίο δέχεται εντολές άλλα και εμφανίζει μέσω αυτοί τα διαγράμματα τασεων- παραμορφωσεων.



Εικόνα 3.5: Απεικόνιση της MTS INSIGHT .

Στην οθόνη του υπολογιστή μπορούμε να παρατηρήσουμε διάγραμμα δυνάμεων- παραμορφώσεων, αλλά και τη μέγιστη δύναμη η οποία μετράται σε N εκείνη τη στιγμή.



Εικόνα 3.5: Απεικόνιση της MTS INSIGHT κατά την λήψη μετρήσεων.

Το γεγονός βέβαια ότι η μηχανή μας χρησιμοποιεί αρπάγες, είναι εκείνο που μας αναγκάζει να κάνουμε μια επιπλέον κατασκευαστική προσθήκη στα άκρα των στεντ προκειμένου να μπορούν οι αρπάγες να συγκρατηθούν και να επιμηκύνουν το στεντ. Η κατασκευή αυτή έγινε από τον κύριο Κωνσταντίνο Ζούτη, με τη βοήθεια του οποίου τοποθετήθηκαν δυο κυλινδρικοί ασημένιοι δίσκοι στα άκρα του στεντ. Στη συνέχεια δημιουργήθηκε μια οπή στους δίσκους (καπάκια) από την οποία πέρασε ασημένιο σύρμα με σφαίρα στην άκρη . Σκοπός της σφαίρας στην άκρη είναι η ισοκατανομή των φορτίων στον ασημένιο δίσκο. Ο δίσκος με τη σειρά του είναι συγκολλημένος με τα στοιχεία του στεντ και κατανέμει ομοιόμορφα εκεί τα φορτία. Κατ' αυτόν τον τρόπο γίνεται εφικτός ο εφελκυσμός του στεντ. Παρακάτω παρουσιάζονται οι φωτογραφίες της κατασκευαστικής προσθήκης που έγινε στο στεντ που είναι κατασκευασμένο από ανοξείδωτο ατσάλι. Η αντίστοιχη προσθήκη δεν ήταν εφικτό να γίνει στο στεντ από κράμα νικελίου- τιτανίου καθώς είναι υπερβολικά ελαστικό και η συγκόλληση του με άλλο υλικό π.χ. (χρυσό ή ασήμι) ήταν αδύνατη. Επομένως δεν έγιναν πειράματα για αυτό τον τύπο στεντ δυστυχώς.



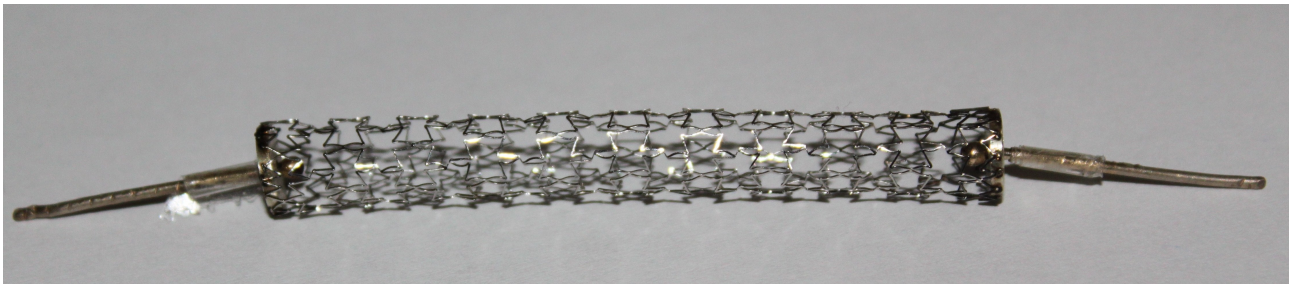
Εικόνα 3.6: Απεικόνιση 316L στεντ με προσθήκη στο άκρο ασημένιου δίσκου και σύρματος με σφαιρικό άκρο .

Παρατηρούμε λοιπόν τα δυο άκρα στις φωτογραφίες(άνω και κάτω) , με το μηχανισμό που έχει προστεθεί στην άκρη.



Εικόνα 3.7: Απεικόνιση 316L στεντ με προσθήκη στο άκρο ασημένιου δίσκου και σύρματος με σφαιρικό άκρο .

Αντίστοιχα στην παρακάτω φωτογραφία έχουμε ολόκληρο το στεντ απο ανοξειδωτο ατσάλι με τις 2 προσθήκες.



Εικόνα 3.8: Απεικόνιση 316L στεντ .



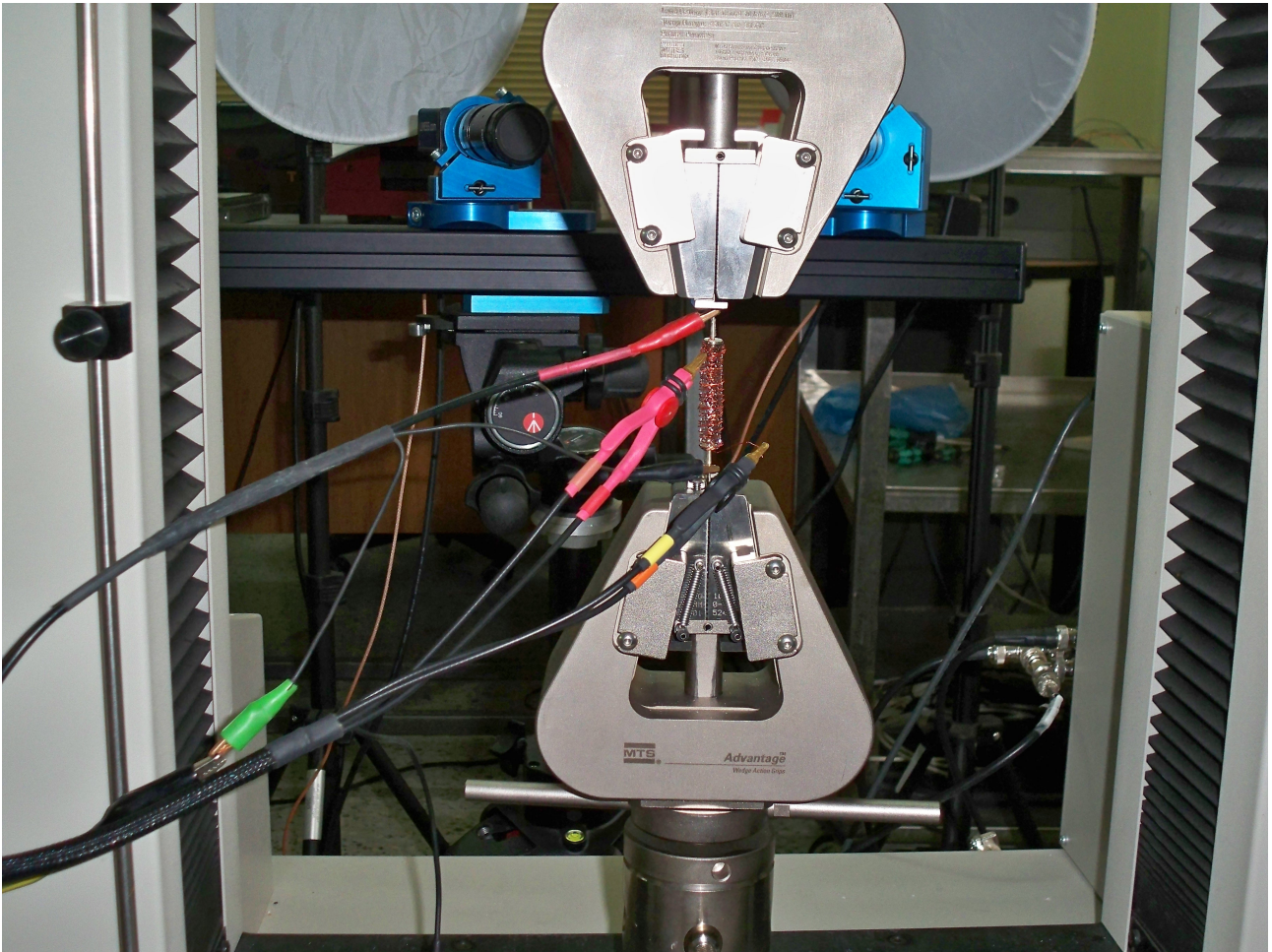
Αφού έγινε η κατασκευή μας, τυλίχτηκε χάλκινο σύρμα γύρω από το στεντ , δημιουργώντας πηνίο προκειμένου να γίνεται παράπλευρη επιβεβαίωση των μετρήσεων των δυνάμεων που ασκούνται αλλά και της αλλαγής του μήκους του στεντ.

Επιπλέον με αυτή την τεχνική ήμαστε σε θέση να κατανοήσουμε πότε είχαμε διαρροή κάποιου από τα μικροστοιχεία του στεντ.

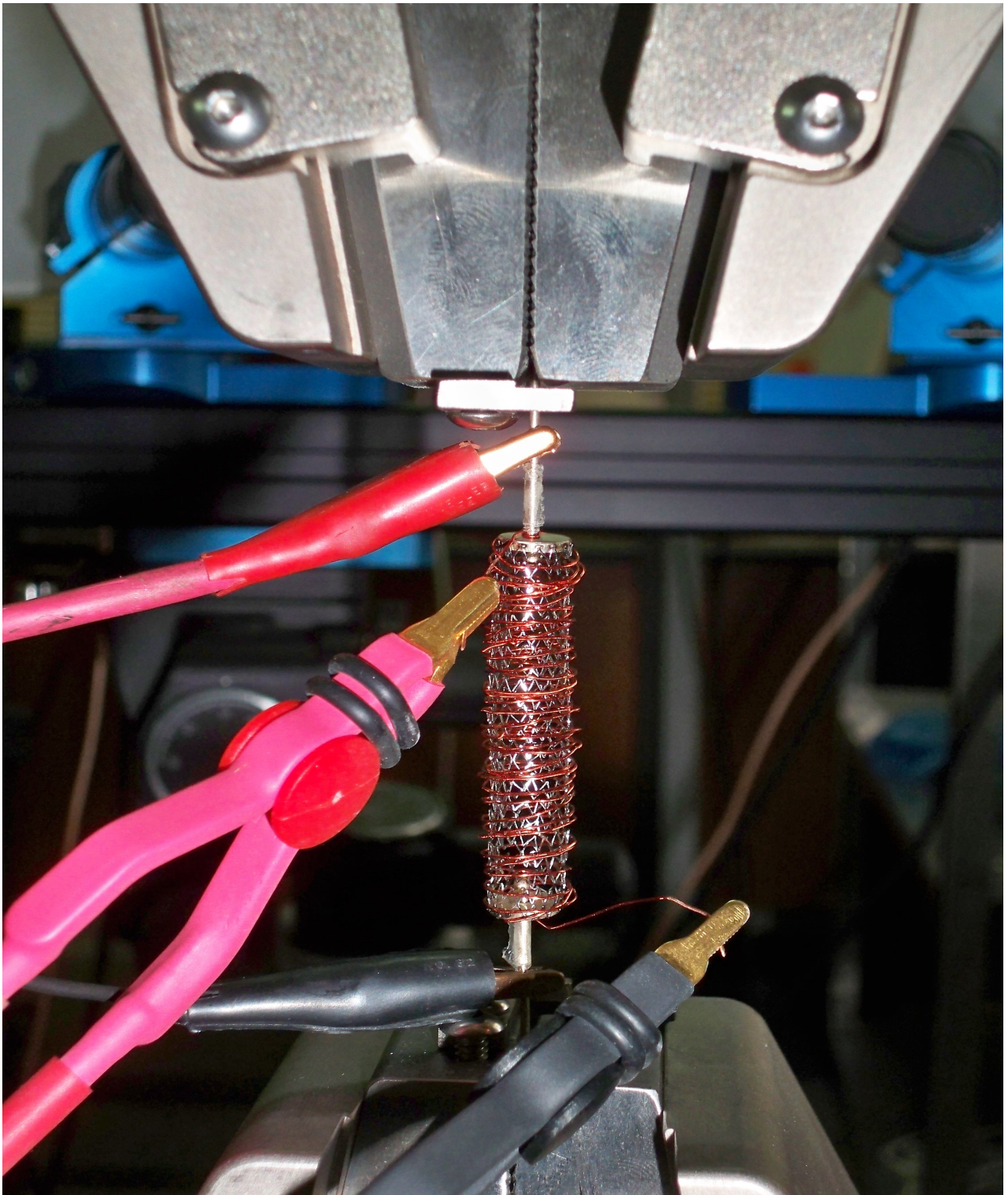
Στη συνέχεια τοποθετήθηκε στις αρπάγες της μηχανής μας και έγινε η σύνδεση του πηνίου με ηλεκτρόδια για να γίνεται παράλληλη μέτρηση της έντασης του ρεύματος που το διαπερνά.

Με αυτή την τεχνική κατά τη μεταβολή του μήκους του στεντ έχουμε παράλληλη μεταβολή του μήκους του πηνίου άρα και του ρεύματος που το διαρρέει.

Εικόνα 3.9: Απεικόνιση 316L στεντ τυλιγμένου με χάλκινο σύρμα σε μορφή πηνίου .

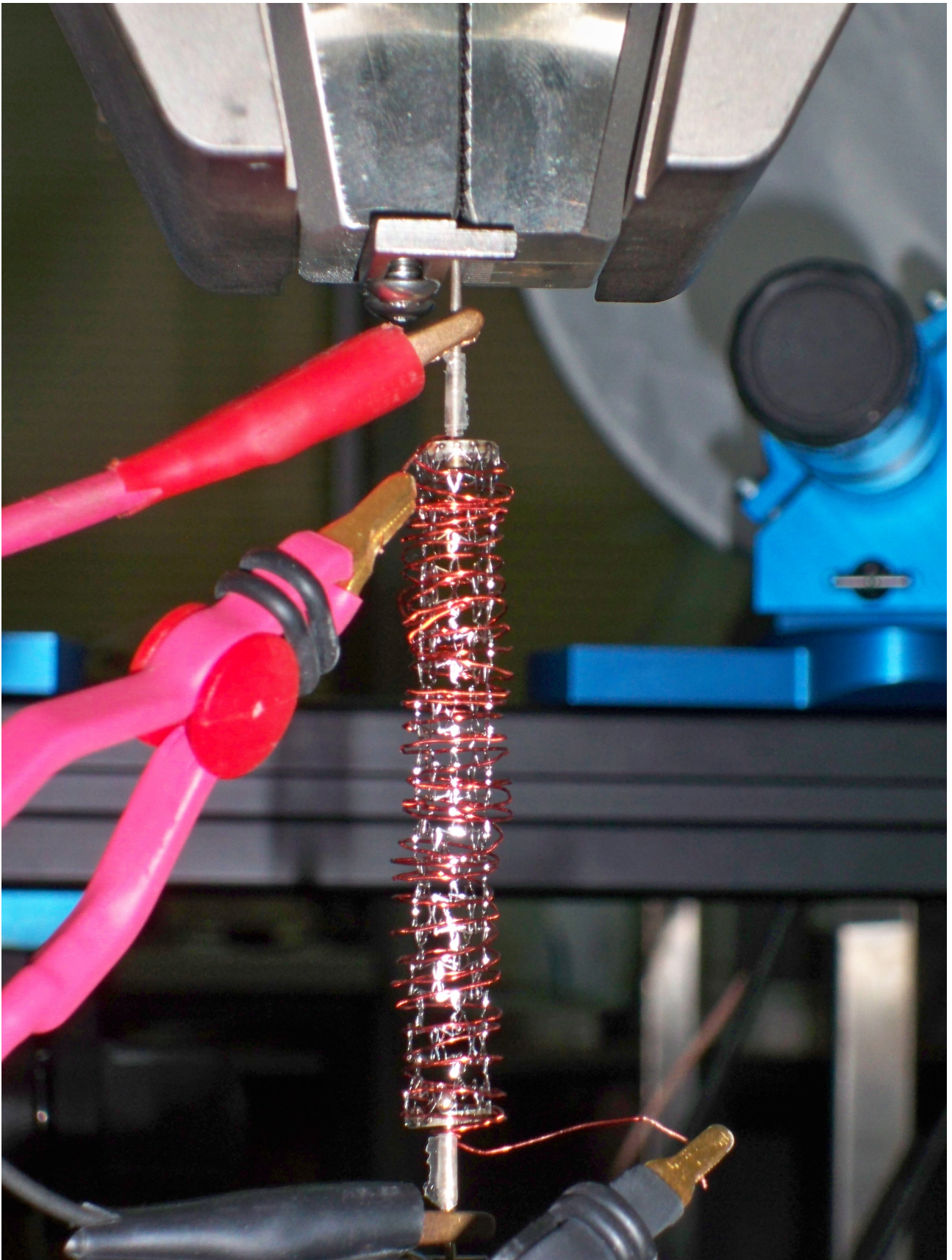


Εικόνα 3.10: Απεικόνιση της MTS INSIGHT κατά τον εφελκυσμό για την λήψη μετρήσεων.



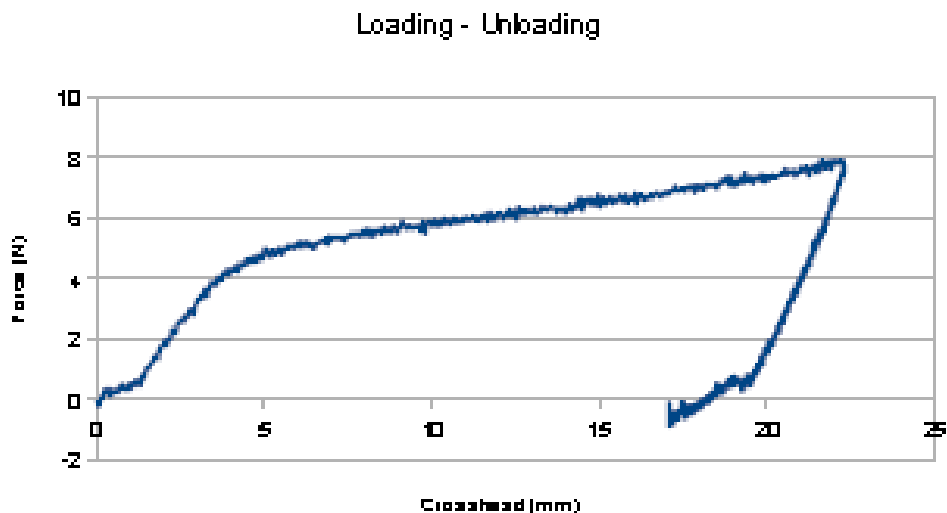
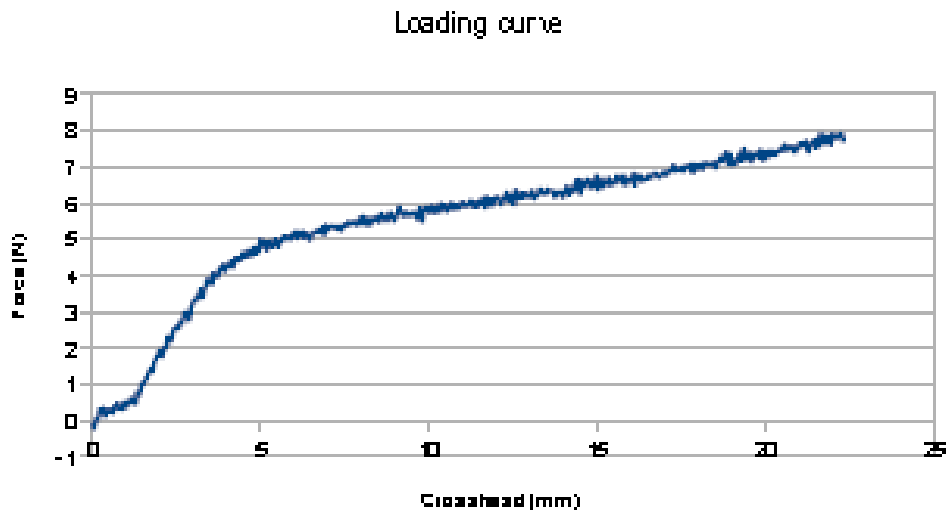
Εικόνα 3.11: Στεντ λίγο πριν τον εφελκυσμό .

Παραπάνω φαίνεται το στεντ πριν τον εφελκυσμό του, ενώ αντίθετα παρακάτω μετά το τέλος του πειράματος μπορούμε να διακρίνουμε πόσο πολύ έχει επιμηκυνθεί.



Εικόνα 3.12: Στεντ μετά τον εφελκυσμό .

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα φόρτισης και αποφόρτισης από τα οποία παρατηρούμε τα εξής :
Το δοκίμιο μας είχε μια πολύ καλή ελαστική συμπεριφορά όπως ήταν αναμενόμενο αφού αποτελείται από ανοξείδωτο ατσάλι.
Επιπλέον άντεξε σε φορτίσεις μέχρι 8 N , ενώ θα μπορούσε πιθανότατα να αντέξει και μεγαλύτερες μέχρι τη θραύση του.
Επιπροσθέτως η επιμήκυνση του ξεπέρασε τα 20 mm , ενώ το σημείο διαρροής υπολογίζεται περίπου κοντά στα 5N καθώς στη συνέχεια έχουμε την περιοχή πλαστικής παραμόρφωσης.



Εικόνα 3.13: Διαγράμματα Φορτίσεων .

Ακόμα παρατηρούμε από το διάγραμμα της αποφόρτισης πως λόγω της διαρροής των μικροστοιχείων που αποτελούν το στεντ, έχουμε μια παραμένουσα παραμόρφωση περίπου στα 17 mm.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Γενικό συμπέρασμα της μελέτης μας κατά την εκπόνηση της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι πως στεφανιαία νόσος και ο ξαφνικός καρδιακός θάνατος δυστυχώς παρ' όλες τις προσπάθειες καταπολέμησης τους, παραμένουν στην κορυφή των αιτιών θανάτου παγκοσμίως. Παρ'ολ'αυτα η προσπάθεια εξέλιξης των μεθοδων συνεχίζεται σε ολα τα επίπεδα με αμειώτους ρυθμούς. Σε χημικό επίπεδο , με την παρασκευή νέων φάρμακων για την επικάλυψη των στεντ και άλλου είδους φαρμακευτική αγωγή για τους ασθενείς. Σε επίπεδο μηχανικής και φυσικής, νέα μοντέλα στεντ σχεδιάζονται με σκοπό να γίνεται καλύτερη αγωγή του αίματος και να προκαλείται μικρότερος βαθμός επιθηλιωσης. Ακόμα δοκιμάζονται ολοένα και περισσότερα υλικά προκειμένου να είναι περισσότερο βιοσυμβατα , εύκαμπτα άλλα και εύκολα στην εισαγωγή. Το κόστος επιπλέον είναι ένας άλλος πολύ σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει άμεσα την εξέλιξη των ερευνών. Επιπρόσθετα μεγάλη εξέλιξη υφίσταται και στον τομέα της ιατρικής καθώς οι επεμβάσεις εισαγωγής στεντ είναι πλέον επεμβάσεις ρουτίνας που χάρη σε νέες τεχνικές εισαγωγής των στεντ γίνεται με όλο μεγαλύτερη ασφάλεια και ταχύτητα.

Ειδικότερα τώρα στα πλαίσια της μελέτης μας παρατηρήσαμε πως η απεικόνιση των στεντ προεγχειρητικά αλλά και μετεγχειρητικά αποτελεί ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της επέμβασης αλλά και της μετέπειτα ασφάλειας της υγείας του ασθενούς. Επιπλέον παρατηρήσαμε πως η απεικόνιση των στεντ με αξονική τομογραφία δίνει ακόμα και τώρα σημαντικό αριθμό απο artifacts (σφαλμάτων) παρ' όλη την εξέλιξη που έχει επέλθει στους αξονικούς τομογράφους. Αυτό φυσικά συμβαίνει γιατί μιλάμε για πολύ μικρές κατασκευές που αποτελούνται από μικρότερα στελέχη αρκετά λεπτά και λεία στην επιφάνεια τους. Το πρόβλημα αυτό θα μπορούσε εν μέρει να λυθεί με την αύξηση του χρόνου της ακτινοβολησης ή την αύξηση της ενεργείας των ακτίνων Χ. Οι λύσεις αυτές βέβαια πάντα θα πρέπει να γίνονται με βασικό γνώμονα την ασφάλεια της υγείας του ασθενούς, αφού οι ακτίνες Χ προκαλούν παράπλευρες αλληλεπιδράσεις στους ζωντανούς ιστούς. Παρατηρήσαμε ακόμα ότι διαφορετικοί είδους υλικά έχουν τελείως διαφορετική ορατότητα υπό τις ίδιες συνθήκες εκπομπής ακτίνων Χ. Επομένως μια πιθανή βοήθεια προς τους γιατρούς ,που ελέγχουν με αξονική τομογραφία ή στεφανιογραφία την κατάσταση του ασθενούς, θα ήταν η κατασκευή ενός "νομογραμματος" το οποίο ανάλογα με τον τύπο του στεντ που χρησιμοποιείται να χρησιμοποιούνται οι κατάλληλες ρυθμίσεις στον αξονικό τομογράφο ώστε να γίνεται καλύτερη η απεικόνιση. Ενώ χρήσιμη θα ήταν και η τοποθέτηση από την πλευρά των κατασκευαστριών εταιρειών των στεντ, ιχνηθετικά στελέχη στα άκρα τους. Επιπρόσθετα η καλή και ακριβής απεικόνιση των διαστάσεων των στεντ μέσα στον οργανισμό κατά τη διάρκεια μιας εγχείρησης εισαγωγής τους, θα μπορούσε να δώσει μια σαφέστερη εικόνα για τη βέλτιστη διάμετρο στην οποία πρέπει να ανοιχθεί στο εσωτερικό του αγγείου από τον χειρουργό. Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται ένα σύνηθες σφάλμα που έχει εμφανιστεί στην διεθνή βιβλιογραφία κατά το οποίο υπάρχει διαφορά στην εικονιζόμενη διάμετρο από την πραγματική του στεντ, όταν αυτό έχει ανοίξει εντός του αγγείου.

Συμπερασματικά όσο αφορά την μελέτη των μηχανικών ιδιοτήτων των στεντ αντιλαμβανόμαστε πως η περιοχή έρευνας είναι αρκετά μεγάλη καθώς παγκοσμίως έχουν γίνει λίγες αξιόπιστες μελέτες αξίες προσοχής σύμφωνα με τη διεθνή έγκυρη βιβλιογραφία. Οι δυσκολίες είναι πολλές με βασικό παράγοντα το κόστος των δοκιμών. Ένα άλλο σημαντικό εμπόδιο είναι ο σχεδιασμός συγκράτησης αυτών των τόσο μικρών σε διαστάσεις και συνάμα εύπλαστων κατασκευών , έτσι ώστε να ταιριάζουν με τις υφιστάμενες μηχανές μέτρησης αντοχής υλικών. Για το λόγο αυτό και εμείς αναγκαστήκαμε να κατασκευάσουμε μια επιπλέον προσθήκη ώστε να

αποφευχθεί το παραπάνω εμπόδιο. Φυσικά το οικονομικό εμπόδιο παρέμεινε αφού το κόστος ενός μόλις στεντ είναι αρκετά μεγάλο έτσι ώστε να έχουμε μεγάλη ποικιλία υλικών και μεγεθών προς μελέτη.

Παρ'ολ'αυτα από το πείραμα που εκτελέσαμε παραπάνω θεωρούμε ότι τέθηκαν κάποιες ισχυρές βάσεις ώστε να συνεχίσουμε την έρευνα σε αυτόν τον τομέα με μεγάλη αξιοπιστία στα αποτελέσματά μας. Στο πείραμα μας παρατηρήσαμε μια απόλυτα ελαστική συμπεριφορά του στεντ γεγονός που ήταν προβλεπόμενο εξ αιτίας του υλικού κατασκευής του (ανοξειδωτο ασάλι 316L).Ακόμα από το πείραμα αυτό κατανοούμε πόσο σημαντική είναι η γνώση των μηχανικών ιδιοτήτων των στεντ αφού στο εσωτερικό των στεφανιαίων αρτηριών υποβάλλονται σε φορτίσεις , οι οποίες τα καταπονούν ποικιλοτρόπως. Οι καταπονήσεις αυτές φυσικά μπορεί να δημιουργήσουν τοπικές μικρο-αστοχίες , όπως ραγίσματα, εκδορές, αυλακώσεις οι οποίες μπορεί να αποβούν κρίσιμες για την υγεία του ασθενή. Τέτοιο είδους μικρο-αστοχίες μπορεί να δημιουργήσουν κατά την ροή του αίματος μέσα από το στεντ, τοπικές συγκεντρώσεις αθηρωματικής πλάκα στα σημεία αστοχίας ευκολότερα από ότι σε μια λεία επιφάνεια. Αυτό γίνεται εύκολα κατανοητό αν αναλογιστούμε ότι αυξάνεται ο συντελεστής τριβής ,της κατά τα αλλά λεία επιφάνειας, του στεντ και διάφορα συστατικά του αίματος που ρέει βρίσκουν εμπόδια κατά την διαδρομή τους μέσα από αυτό .Με αυτό τον τρόπο δημιουργείται ευκολότερα θρόμβωση στο εσωτερικό του στεντ. Ακόμα πιθανές μικροαστοχίες ίσως δημιουργούν επιπλέον "εσωτερικές πληγές" στις αρτηρίες που ανοίγουν επομένως να προκαλούν επιπλέον ανάγκη επιθηλιώσεως του αγγείου. Γι αυτούς τους λόγους άλλωστε έχουμε και επαναστενωση σε πολλές περιπτώσεις.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί πως χάρη σε αυτή την ανάγκη για εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας, η ομάδα μας αποκόμισε πολύ χρήσιμες εμπειρίες και γνώσεις σε πολλούς τομείς που αφορούν το ζήτημα της εισαγωγής στεντ σε ασθενείς, τις οποίες θα προσπαθήσει να χρησιμοποιήσει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο για την περαιτέρω διεξαγωγή πειραμάτων. Ελπίζοντας πως τα πειράματα αυτά θα οδηγήσουν σε ασφαλή συμπεράσματα, τα οποία θα αποτελέσουν βάση για την εξέλιξη των stent προς όφελος των ασθενών.

5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. J. Léveque, D. Dubé, M. Fiset and D. Mantovani. (2004). *Materials and Properties for Coronary Stents*. Laval University, Québec City, Canada.
2. W. Schmidt, R. Andersen, P. Behrens, K.-P. Schmitz. (2004). *Comparison of mechanical properties of peripheral self-expanding Nitinol and balloon-expandable stainless-steel stents*. Institute for biomedical engineering, University of Rostock.
3. J. Hanus, J. Zahora. (2003). *Measurement of mechanical properties of stents*. Charles University in Prague, Czech Republic.
4. T. Tokuda et al. (2009). *Mechanical Characteristics of Composite Knitted Stents*. *Cardiovascular Intervent Radiol.* 32:1028-1032.
5. B. P. Murphy et al. (2003). *The Stress-Strain Behavior of Coronary Stent Struts is Size Dependent*. *Biomedical Engineering*, Vol. 31, pp. 686-691.
6. J. A. Ormiston, B. Webber, M. W. I. Webster. (2011). *Stent Longitudinal Integrity*. *Cardiovascular Interventions*, Vol. 4, No. 12, Elsevier.
7. Lally, D.J. Kelly, P.J. Prendergast. (2006). *Stents*. Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering, John Wiley and Sons, Inc.
8. Z. Paszenda. (2010). *Use of coronary stents – material and biophysical conditions*. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, Vol. 43, Issue 1.
9. Issel Anne L. Lim. (2004). *Biocompatibility of Stent Materials*.
10. J. -P. Nuutinen et al. (2003). *Mechanical properties and in vitro degradation of bioabsorbable self-expanding braided stents*. *J. Biomater. Sci. Polymer Edn*, Vol. 14, No 3, pp. 255-266.
11. Gy. Ring, E. Bognár and J. Dobránszky. (2007). *Coronary Stents' Materials and Examinations of Surface and Expansion Features*. *Materials Science Forum*, Vols. 537-538, pp. 449-455.
12. Stoeckel, A. Pelton and T. Duerig. (2003). *Self-Expanding Nitinol Stents – Material and Design Considerations*. Nitinol Devices & Components, Fremont, CA, USA.
13. S. Duda et al. (2000). *Physical Properties of Endovascular Stents: An Experimental Comparison*. *JVIR*, Vol. 11, pp. 645-654.
14. K.-P. Schmitz et al. (1999). *Comparative Studies of Different Stent Designs*. Institute for biomedical engineering, University of Rostock.

15. E.-H. Oh et al. (2007). *Meta-analysis comparing clinical effectiveness of drug-eluting stents, bare metal stents and coronary artery bypass surgery*. Int J Evid Based Healthc, Vol. 5, pp. 296-304.
16. A. T.L. Ong et al. (2004). *Classification and Current Treatment Options of In-Stent Restenosis*. Herz, Vol. 29, pp. 187-94.
17. A. T. Fuchs et al. (2008). *Meta-Analysis Shows Similar Risk of Thrombosis After Drug-Eluting, Bare-Metal Stent, or Angioplasty*. Endothelium, 15:93-100.
18. R. Hoffmann et al. (2009). *The risk of definitive stent thrombosis is increased after "off-label" stent implantation irrespective of drug-eluting stent or bare-metal stent use*. Clin Res Cardiol, 98:549-554.
19. incardiology.gr