



*Εργαστήριο Πυρηνικής Ιατρικής
Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Θεσσαλίας*



ΠΑΡΑΔΟΣΕΙΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

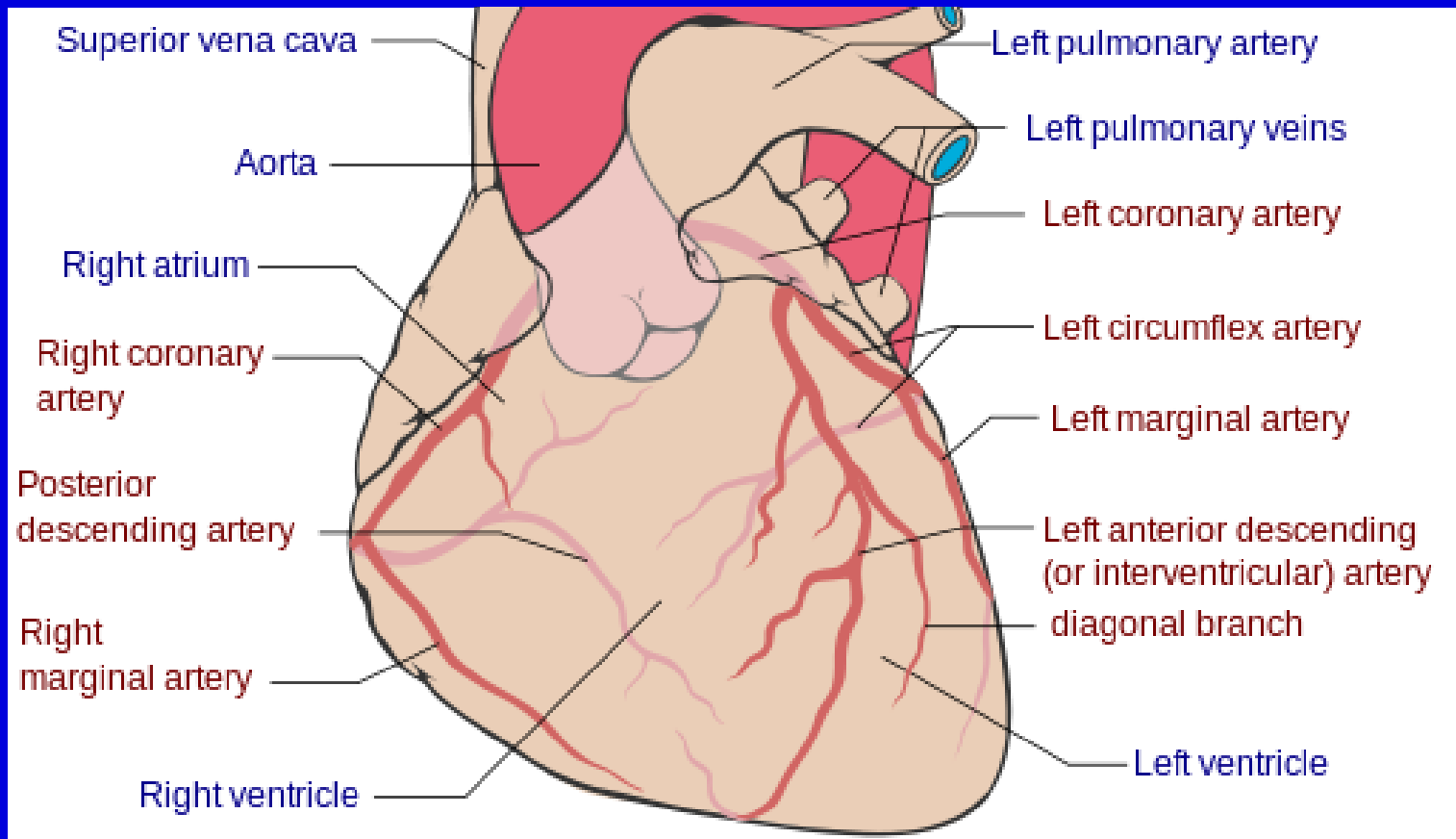
ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΚΑΡΔΙΟΛΟΓΙΑ

Παναγιώτης Αν. Γεωργούλιας

Αν. Καθηγητής Πυρηνικής Ιατρικής



Λάρισα, 2017



Source:

Patrick J. Lynch, Medical illustrator derivative work: Mikael Häggström - Coronary.pdf

Wikipedia

CC BY-SA 3.0

ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΑ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ

- **Δεξιά – αριστερά στεφανιαία αρτηρία.**
(18% επικουρικές στεφανιαίες αρτηρίες)
- **Δεξιά στεφανιαία αρτηρία:**
 - αιματώνει τον πνευμονικό κώνο, το φλεβόκομβο (60%), το δεξιό κόλπο και το μεγαλύτερο τμήμα της δεξιάς κοιλίας, τον κολποκοιλιακό κόμβο (80 – 90%) και τον οπίσθιο – κάτω κλάδο του αριστερού σκέλους του δεματίου του His, το κατώτερο τοίχωμα της αριστεράς κοιλίας, το οπισθοβασικό (80 – 90% δεξιός επικρατών τύπος), καθώς και το κατώτερο 1/3 του διαφράγματος.
 - αρτηριοσκληρυντικές αλλοιώσεις σε ποσοστό 28%.

ΑΡΙΣΤΕΡΑ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΑ ΑΡΤΗΡΙΑ (πρόσθιος κατιόντας – περισπωμένη)

- **Πρόσθιος κατιόντας:**



- αιματώνει το πρόσθιο τοίχωμα της αριστεράς και τμήμα της δεξιάς κοιλίας, την κορυφή (τουλάχιστον το μεγαλύτερο τμήμα αυτής προς τα άνω) και τα ανώτερα 2/3 του διαφράγματος.
- αρτηριοσκληρυντικές αλλοιώσεις σε ποσοστό 44%.

- **Περισπωμένη αρτηρία:**

- αιματώνει το πλάγιο τοίχωμα της αριστεράς κοιλίας και σε ποσοστό 10 – 20% και το οπισθοβασικό τοίχωμα αυτής (αριστερός επικρατών τύπος). Επίσης, χορηγεί κλάδους για τον αριστερό κόλπο, το φλεβόκομβο (40%), τον κολποκοιλιακό κόμβο (10 – 20%), το δεξιό σκέλος και τον πρόσθιο άνω κλάδο του αριστερού σκέλους του δεματίου του His.
- αρτηριοσκληρυντικές αλλοιώσεις σε ποσοστό 23%.

- **Αναστομωτικοί κλάδοι** μεταξύ δεξιάς – αριστεράς στεφανιαίας αρτηρίας εντοπίζονται κυρίως στο μεσοκολπικό και μεσοκοιλιακό διάφραγμα και στην κορυφή.

ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

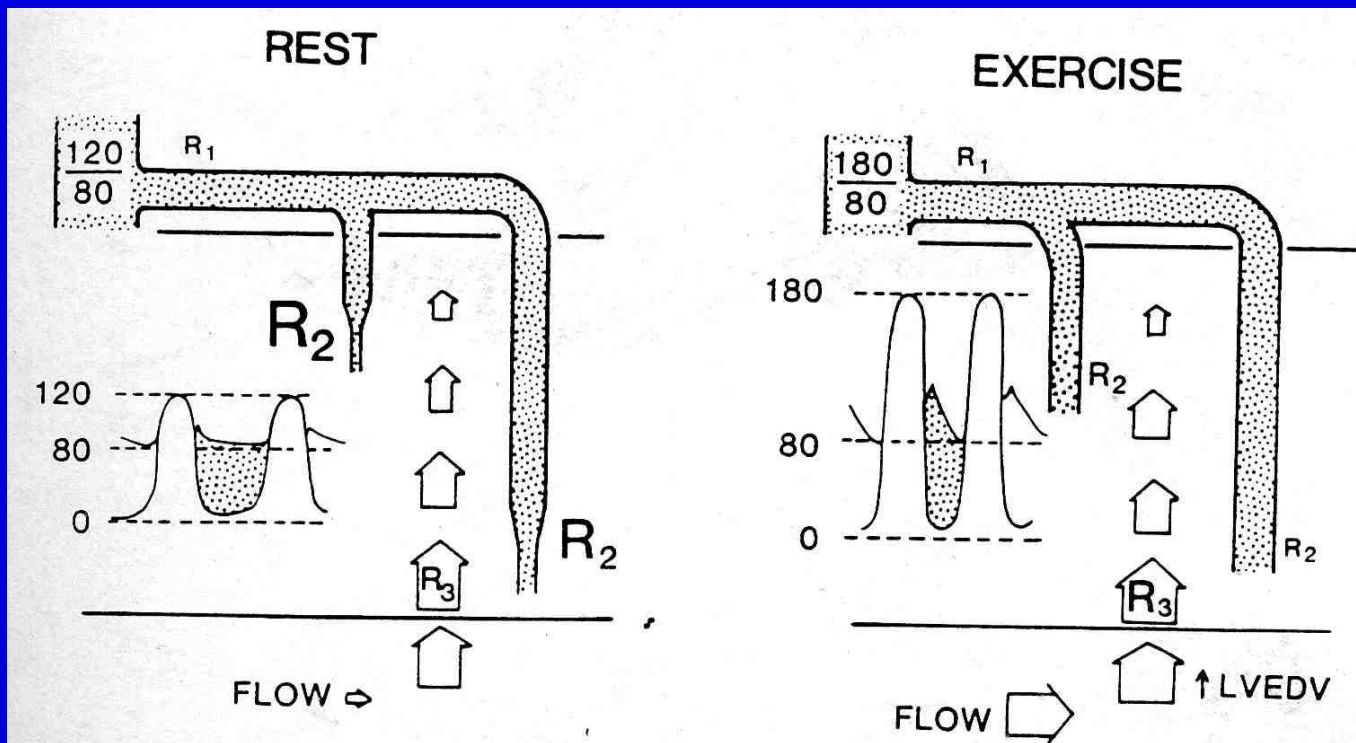
- Στεφανιαία Αιματική Ροή (Coronary Blood Flow – CBF): Η αιματική ροή διαμέσου των στεφανιαίων αρτηριών.
- Μυοκαρδιακή Αιματική Ροή (Myocardial Blood Flow – MBF): Η αιματική ροή που διαχέεται στο μυοκάρδιο (CBF \approx MBF σε Κ. Σ.).
- Μυοκαρδιακή Πρόσληψη O₂ (Myocardial Oxygen Consumption - MOC): Το ποσό οξυγόνου που χρησιμοποιείται από την καρδιά (ml/gr/min).
- Μυοκαρδιακή Ζήτηση σε O₂ (Myocardial Oxygen Demand - MOD): Το αναγκαίο ποσό οξυγόνου για τη διατήρηση της βιωσιμότητας και της ομαλής λειτουργίας του μυοκαρδίου.
- Φυσιολογικά MOC = MOD
- MOC < MOD  ισχαιμία (διαταραχή αερόβιου μεταβολισμού)  νέκρωση

ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΑ ΑΙΜΑΤΙΚΗ ΡΟΗ

- Από τις στεφανιαίες αρτηρίες διέρχονται 250–400ml/min αίματος σε ηρεμία και πάνω από 1000ml/min σε έντονη άσκηση.
- Η πρόσληψη O_2 από το μυοκάρδιο είναι 12ml O_2 /100ml αίματος σε ηρεμία και πενταπλάσια περίπου σε έντονη άσκηση.
- **Παράγοντες που επιδρούν στη στεφανιαία αιματική ροή**
 - i. Η μυοκαρδιακή πρόσληψη O_2 .
 - ii. Ο μυοκαρδιακός μεταβολισμός.
 - iii. Η πίεση στα στεφανιαία αγγεία.
 - iv. Η συμπίεση των αγγείων κατά τη διάρκεια της καρδιακής συστολής.
 - v. Η δράση του συμπαθητικού.
 - vi. Διάφοροι αγγειοδιασταλτικοί παράγοντες (επινεφρίνη, αδενοσίνη, κλπ.)

- **Η μυοκαρδιακή πρόσληψη O_2 εξαρτάται από:**
 - τις βασικές ανάγκες σε O_2 του μυοκαρδίου για τη διατήρηση της κυτταρικής ομοιόστασης, τη λειτουργία της αντλίας Na^+ / K^+ και της αντλίας Ca^{++} , την πρωτεϊνική σύνθεση κλπ.
 - τη συστολική αρτηριακή πίεση που καθορίζει την τάση του μυοκαρδιακού τοιχώματος.
 - τον καρδιακό ρυθμό.
 - την ινότροπη κατάσταση της καρδιάς και
 - τη βράχυνση των μυοκαρδιακών ινών για την εκτέλεση του μηχανικού έργου τους.
- **Αυτορρύθμιση της στεφανιαίας κυκλοφορίας**
 - φυσιολογικά 5:1, σε 50% στένωση 4:1, σε 70%
 - στένωση 3:1, σε 80% στένωση 2:1, σε 90%
 - στένωση 1:1.

ΑΓΓΕΙΑΚΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ



ΕΦΕΔΡΕΙΕΣ ΤΗΣ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΑΣ ΑΙΜΑΤΙΚΗΣ ΡΟΗΣ (CORONARY FLOW RESERVE – CFR)

- **CFR:** Ορίζεται ως η επιπλέον στεφανιαία αιματική ροή (συγκριτικά με τη στεφανιαία ροή ηρεμίας), που μπορεί να επιτευχθεί σε οποιαδήποτε πίεση αιματώσεως, με την αγγειοδιαστολή των στεφανιαίων αγγείων.
- **Η CFR** ελαττώνεται με τη μείωση της διάρκειας της διαστολής και της διαστολικής πίεσης αιματώσεως, την αύξηση της ενδοκοιλιακής διαστολικής πίεσης, την αύξηση του ιξώδους του αίματος, τη μείωση της περιεκτικότητας του αίματος σε O_2 και την ύπαρξη στενώσεων στο στεφανιαίο αγγειακό δίκτυο (μεγάλα ή/και μικρά αγγεία).

ΣΤΕΝΩΣΗ ΤΩΝ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΩΝ ΑΡΤΗΡΙΩΝ

- Η στένωση του αγγείου προκαλεί μεταστενωτική πτώση της πίεσης ως συνέπεια της αυξημένης αντίστασης στην αιματική ροή, αντισταθμιστική αγγειοδιαστολή στην ηρεμία (αυτορύθμιση) και τελικά μικρότερη δυνατότητα παραπέρα αύξησης της αιματικής ροής (π.χ. σε έντονη άσκηση ή στην επίδραση αγγειοδιασταλτικών ουσιών) δηλ. ↓CFR.
- Όσο μεγαλύτερη είναι η στένωση του αγγείου τόσο μικρότερη η δυνατότητα περαιτέρω αύξησης της αιματικής ροής (στένωση 50%: 4/1, στένωση 70%: 3/1, στένωση 80%: 2/1, στένωση 90%: 1/1).
- Αδυναμία της CFR να ικανοποιήσει τις μυοκαρδιακές ανάγκες σε O_2 , οδηγεί σε ισχαιμία.

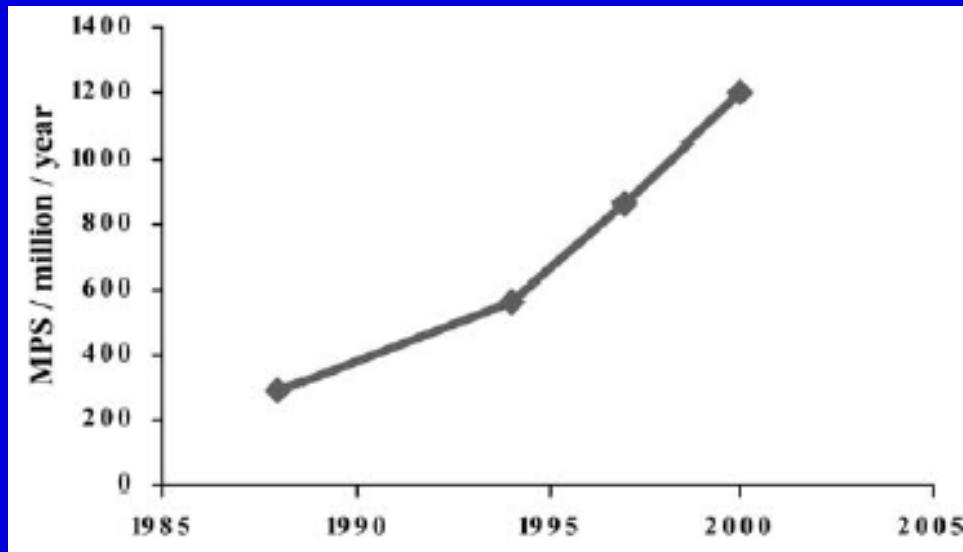
ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΑ ΝΟΣΟΣ

(Επιδημιολογία)

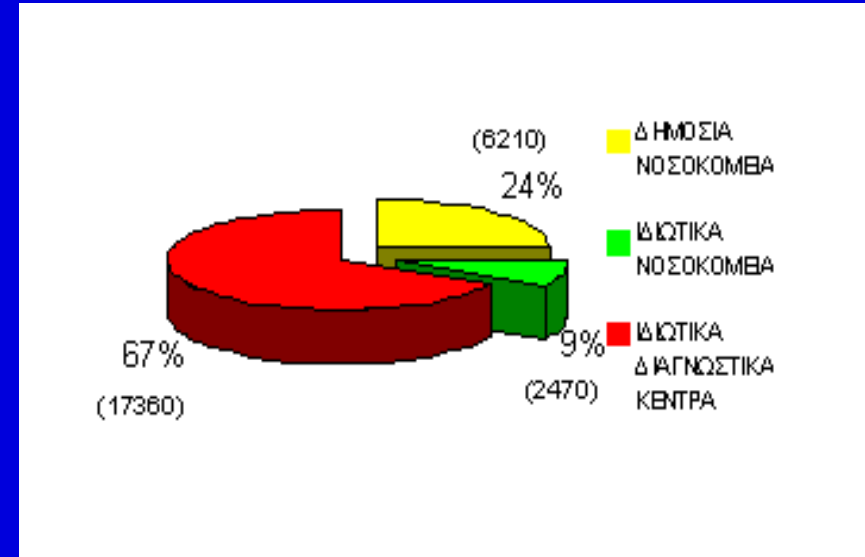
- Συχνότερη αιτία πρόωρου θανάτου στις Η.Π.Α. και γενικά στις αναπτυγμένες χώρες.
- Κάθε χρόνο τεκμηριώνεται η διάγνωση σε 5,4 εκατομμύρια Αμερικανούς, ενώ ευθύνεται για 550 χιλιάδες θανάτους.
- Το κόστος της θεραπείας ανέρχεται σε 8 δις \$ ετησίως, ενώ οι άλλες οικονομικές επιπτώσεις σε 60 δις \$.
- Δέκα χιλιάδες θάνατοι ετησίως από στεφανιαία νόσο στη χώρα μας.
- Μείωση της θνησιμότητας στις Η.Π.Α. από το 1963 ως τις μέρες μας.

ΣΠΙΝΘΗΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΥΟΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΑΙΜΑΤΩΣΗΣ (ΔΙΑΧΥΣΗΣ)

- 20.000 μελέτες/εκατομμύριο ετησίως στις Η.Π.Α. (Thomas GS, et al: J Am Coll Cardiol, 43: 213, 2004)
- 1.200 μελέτες/εκατομμύριο ετησίως στη Μ.Β. – στόχος οι 4.000 μελέτες/εκατομμύριο ετησίως (Underwood SR, et al EJNM, 31:261, 2004)
- 2.400 μελέτες/εκατομμύριο ετησίως στην Ελλάδα



(Underwood SR, et al EJNM, 31:261, 2004)



ΠΡΟΔΙΑΘΕΣΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Αναστρέψιμοι προδιαθεσικοί παράγοντες

- I. Υπερλιπιδαιμία
- II. Κάπνισμα
- III. Υπέρταση
- IV. Σακχαρώδης διαβήτης
- V. Παχυσαρκία

Μη αναστρέψιμοι προδιαθεσικοί παράγοντες

- I. Αρσενικό φύλο
- II. Αύξηση της ηλικίας
- III. Θετικό οικογενειακό ιστορικό

Άλλοι προδιαθεσικοί παράγοντες

- I. Αντισυλληπτικά (ιδιαίτερα τα παλαιού τύπου που περιέχουν υψηλή συγκέντρωση οιστρογόνων)
- II. Καθιστική ζωή
- III. Προσωπικότητα τύπου A (άτομα επιθετικά, φιλόδοξα που ζουν σε έντονο stress)

ΑΘΗΡΟΣΚΛΗΡΥΝΣΗ

«Η σκλήρυνση και πάχυνση των αρτηριών, με αποτέλεσμα τη στένωση του αυλού από το σχηματισμό αθηρωματικών πλακών»

- **Μηχανισμός:** Αλληλουχία ρήξεων της επιφάνειας του ενδοθηλίου των αγγείων, σε συνδυασμό με επανειλημμένα επεισόδια θρόμβωσης και ενσωμάτωσης των θρόμβων στην αρχική πλάκα.

Η βλάβη του αγγειακού τοιχώματος, ανάλογα με το βάθος που φθάνει, υποδιαιρείται σε 3 τύπους:

- **Τύπος I:** Αλλοίωση μόνο του ενδοθηλίου – συσσώρευση μονοκυττάρων, άθροιση λίπους, πάχυνση της λείας μυϊκής στοιβάδας των αγγείων – σχηματισμός αθηρωματικής πλάκας. **Αρχική αιτία:** Στροβιλώδης ροή του αίματος, συγκέντρωση τοξικών λιπιδίων στο τοίχωμα των αγγείων, φλεγμονώδεις παράγοντες.
- **Τύπος II:** Επέκταση της βλάβης και στον έσω χιτώνα – άθροιση αιμοπεταλίων με ή χωρίς το σχηματισμό θρόμβου – απελευθέρωση αιμοπεταλιακών αυξητικών παραγόντων – υπερπλασία του έσω χιτώνα του τοιχώματος των αγγείων.
- **Τύπος III:** Επέκταση της βλάβης και στο μέσο χιτώνα – σημαντική συσσώρευση αιμοπεταλίων – σχηματισμός θρόμβου. Συχνή εμφάνιση οξέων επεισοδίων (ασταθής στηθάγχη, οξύ έμφραγμα, αιφνίδιος θάνατος) από ρήξη της αθηρωματικής πλάκας ή σχηματισμό αποφρακτικού θρόμβου. Εμφάνιση οξέων εμβολικών φαινομένων περιφερικά της βλάβης.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΑΘΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΘΡΟΜΒΩΣΗΣ ΤΩΝ ΑΡΤΗΡΙΩΝ

- I. η αιματική ροή και ιδιαίτερα η ταχύτητα αυτής.
- II. το τοπικό αρτηριακό υπόστρωμα και κυρίως ο τύπος του κολλαγόνου του τοιχώματος, η συγκέντρωση ιστικής θρομβοπλαστίνης που ενεργοποιεί τη θρόμβωση, φλεγμονώδεις παράγοντες, καθώς και η παραγωγή από το ενδοθήλιο προστακυκλίνης και ενδοθηλιακού αγγειοδιασταλτικού παράγοντα που αναστέλλουν τη θρομβωτική διεργασία.
- III. ορισμένοι συστηματικοί παράγοντες [η λιποπρωτεΐνη (α), η επινεφρίνη, ο αναστολέας του ενεργοποιητή του πλασμινογόνου τύπου -1 κλπ.].

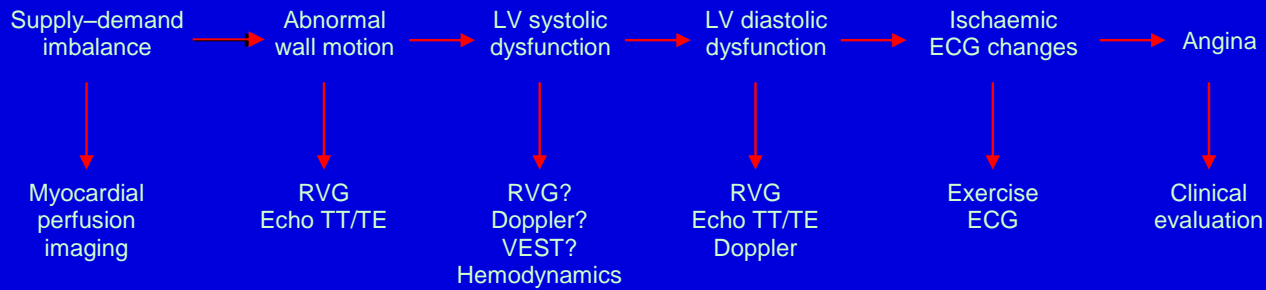
ΒΛΑΒΗ ΤΩΝ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΩΝ ΑΓΓΕΙΩΝ ΑΠΟ ΜΗ ΑΘΗΡΟΣΚΛΗΡΥΝΤΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

- Εμβολές (ενδοκαρδίτιδα, μύζωμα αριστερού κόλπου, βαλβιδοπάθεια, θρόμβωση στην αριστερά καρδιά, στεφανιογραφία, εξωσωματική κυκλοφορία).
- Αγγειίτιδες (ερυθηματώδης λύκος, ρευματοειδής αρθρίτιδα, νόσος Takayasu, οζώδης πολυαρτηρίτιδα).
- Διαχωρισμός της ανιούσας αορτής, στον οποίο περιλαμβάνονται και οι στεφανιαίες αρτηρίες.
- Τοπική θρόμβωση (ιδιοπαθής πολυκυτταραιμία, θρομβοκυττάρωση, ΔΕΠ).
- Σπασμός στεφανιαίων αγγείων.

ΠΑΘΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΙΣΧΑΙΜΙΑΣ ΤΟΥ ΜΥΟΚΑΡΔΙΟΥ

- ↓ παροχής O_2
- ↓ καταβολισμού λιπαρών οξέων (80 – 90% σε φυσιολογικές συνθήκες).
- Αποτέλεσμα της ισχαιμίας είναι η στηθάγχη, η διαταραχή της καρδιακής λειτουργίας, αρρυθμίες, ΗΚΓκές μεταβολές, καθώς και η αύξηση των μυοκαρδιακών ενζύμων (σε έμφραγμα) λόγω της καταστροφής των κυττάρων

ΠΑΘΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΜΥΟΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΙΣΧΑΙΜΙΑΣ



ΜΥΟΚΑΡΔΙΑΚΗ «ΚΑΤΑΠΛΗΞΙΑ» (STUNNING)

- Είναι το αποτέλεσμα οξέος ισχαιμικού επεισοδίου και εν συνεχεία αποκατάστασης της αιματικής ροής.
- Παρά την αποκατάσταση της αιμάτωσης παραμένει η διαταραχή της κινητικότητας που επανέρχεται προοδευτικά (π.χ. σε οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου μετά από θρομβόλυση).
- Διάφοροι μηχανισμοί έχουν προταθεί για την ερμηνεία του φαινομένου, όπως η διαταραχή της παραγωγής και μεταφοράς ενέργειας από το μυοκάρδιο, η διαταραχή της συμπαθητικής νεύρωσης ως συνέπεια της ισχαιμίας, η διαταραχή της αντλίας του Ca^{++} , η μικροαγγειακή απόφραξη από ουδετερόφιλα, η ισχαιμική καταστροφή των ινών του κολλαγόνου, καθώς και η δράση των ελεύθερων ριζών οξυγόνου που απελευθερώνονται κατά την επαναιμάτωση.
- Ουσιώδη σημασία πάντως φαίνεται να έχει η μείωση του αερόβιου μεταβολισμού στο «*Stunned*» μυοκάρδιο.

ΜΥΟΚΑΡΔΙΟ ΣΕ «ΝΑΡΚΗ» (HIBERNATING)

- Οφείλεται σε χρόνια ισχαιμία, συχνά χωρίς εκδηλώσεις στηθάγχης ή εμφράγματος και αποτελεί μία κατάσταση χρόνιας δυσλειτουργίας (και εν ηρεμία) της αριστεράς κοιλίας σε μια προσπάθεια του μυοκαρδίου να ελαχιστοποιήσει τις μεταβολικές του ανάγκες και να κάνει την καλύτερη δυνατή χρήση του διαθέσιμου οξυγόνου.
- Η επαναγγείωση του μυοκαρδίου οδηγεί σε προοδευτική αποκατάσταση του αερόβιου μεταβολισμού και της συστολικότητάς του.

ΑΝΑΙΜΑΚΤΕΣ – ΜΗ ΡΑΔΙΟΪΣΟΤΟΠΙΚΕΣ – ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΑΣ ΝΟΣΟΥ

Οι κυριότερες αναίμακτες (μη ραδιοϊσοτοπικές) παρακλινικές εξετάσεις για την εκτίμηση της στεφανιαίας νόσου είναι το ΗΚΓ, η ακτινογραφία θώρακα, η 24ωρη καταγραφή του ΗΚΓ (Holter), η εργομετρική δοκιμασία κόπωσης και οι φαρμακολογικές δοκιμασίες, το υπερηχοκαρδιογράφημα – Doppler / Triplex, η αξονική τομογραφία, καθώς και η μαγνητική αντήχηση.

ΕΡΓΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑ ΚΟΠΩΣΗΣ

- Κυλιόμενος τάπητας – Εργομετρικό ποδήλατο.
- Αύξηση της στεφανιαίας αιματικής ροής σε μέγιστη άσκηση 2,7:1.
- Ευαισθησία: 60 – 66%.
- Ειδικότητα: 80 – 89%.
- Θνησιμότητα: < 1:10.000

ΦΑΡΜΑΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΑΣΙΕΣ

- Εφαρμόζονται σε ασθενείς που δεν μπορούν να υποβληθούν σε ικανοποιητικού βαθμού άσκηση (ορθοπεδικές ή νευρομυϊκές διαταραχές, αναπηρία, περιφερική αγγειοπάθεια, συμφορητική καρδιακή ανεπάρκεια, πνευμονοπάθεια, παχυσαρκία, κλπ.).
- Χρησιμοποιούνται αγγειοδιασταλτικοί παράγοντες (διπυριδαμόλη, αδενοσίνη) και β-διεγέρτες (ντομπουταμίνη, αρμπουταμίνη).

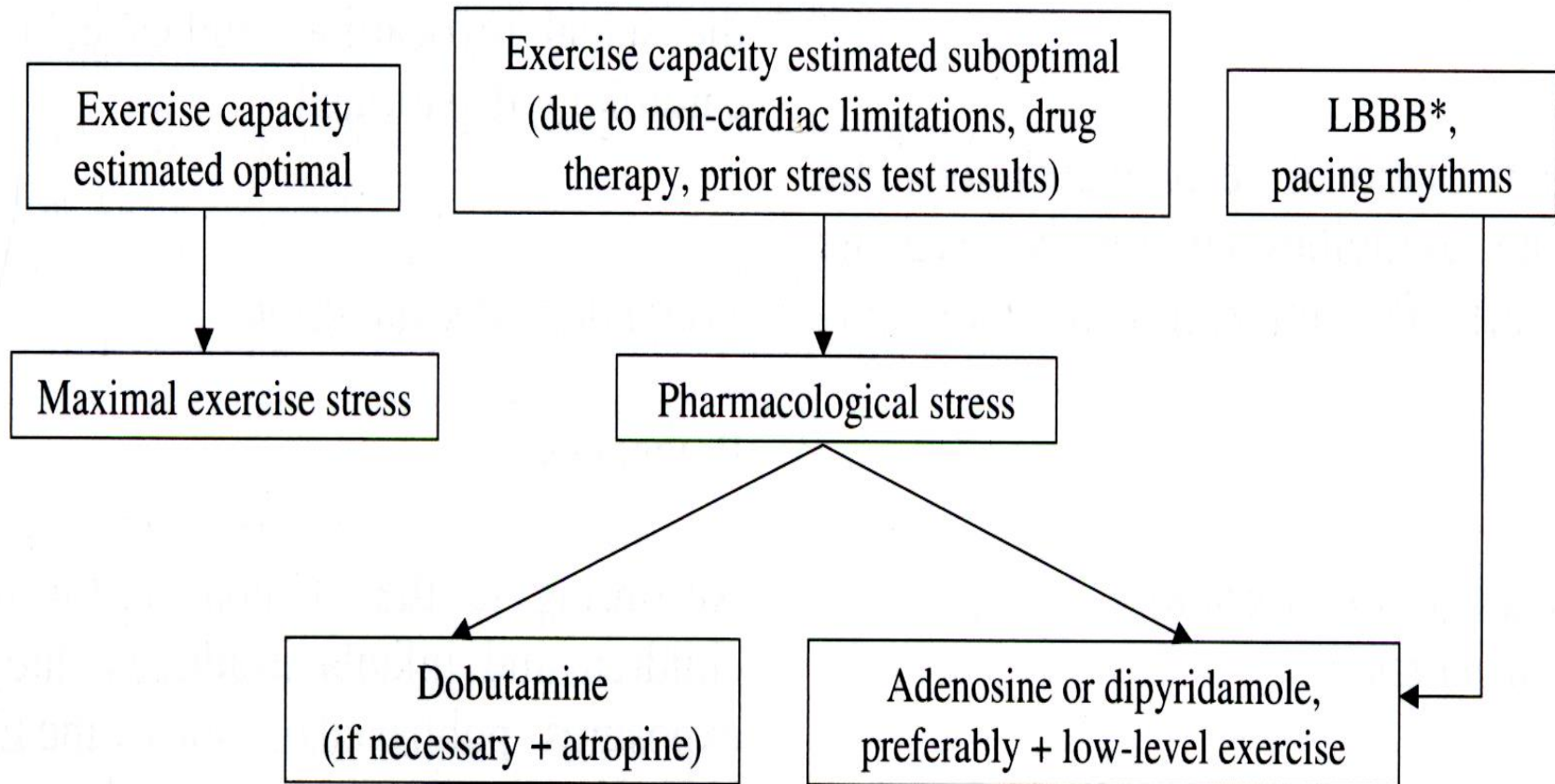
ΠΑΘΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΒΑΣΗ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑΣ ΚΟΠΩΣΕΩΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΦΑΡΜΑΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΑΣΙΩΝ

- Εργομετρική δοκιμασία κοπώσεως – ντομπουταμίνη (αρμπουταμίνη):
- Αύξηση της μυοκαρδιακής ανάγκης σε O_2 .
- Οι αυξημένες ανάγκες σε O_2 πρέπει να καλυφθούν με αύξηση της αιματικής ροής.
- Αδυναμία ικανοποίησης των αυξημένων αναγκών οδηγεί σε ισχαιμία.
- Δείκτης της μυοκαρδιακής ζήτησης O_2 είναι το «διπλό γινόμενο» (καρδιακή συχνότητα \times συστολική αρτηριακή πίεση).
- Αγγειοδιασταλτικά φάρμακα (διπυριδαμόλη – αδενοσίνη):
- Προκαλούν αύξηση της στεφανιαίας αιματικής ροής χωρίς αύξηση του μυοκαρδιακού μεταβολισμού.
- Το σπινθηρογράφημα απεικονίζει την ετερογένεια στην υπεραιμική ανταπόκριση των αγγείων.

ΑΝΤΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΦΑΡΜΑΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΑΣΙΩΝ

ΑΝΤΕΝΔΕΙΞΕΙΣ	Διπυριδαμόλη	Αδενοσίνη	Ντομπουταμίνη
Ασταθής Στηθάγχη/Ε.Μ. (<24 hr)	±	±	+
LVEF <15%	±	±	+
Αρρυθμιστη Υπέρταση (>200/110 mmHg)			+
Υπόταση <90mmHg	+	+	
Βαριά Αορτική Στένωση/Μεγάλο Ανεύρυσμα/Υπερτροφική Αποφρακτική Μυοκαρδιοπάθεια	±	±	+
Βρογχικό Άσθμα/Βρογχόσπασμος	+	+	
Αρρυθμιστη Αρρυθμία/Ταχυαρρυθμία (προκαλούσα συμπτώματα ή αιμοδυναμική αστάθεια)			+
Β΄ ή Γ΄ βαθμού Κολποκοιλιακός Αποκλεισμός/SNS	+	+	
Θεραπεία με Διπυριδαμόλη	+	+	
Θεραπεία με b - blocker			+
Θεοφυλλίνη, Καφεΐνη	+	+	
Πρόσφατο Α.Ε.Ε/Εγκεφαλική Ισχαιμία	+	+	

ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΚΙΜΑΣΙΑΣ “STRESS”



Διακοπή φαρμακευτικής αγωγής και τροφών πριν το σπινθηρογράφημα κοπώσεως

Drugs, food intake etc.	Type of stress test		
	Exercise	Vasodilator (adenosine, dipyridamole, hybrid tests)	Dobutamine (\pm atropine)
Nitrates	+	+	+
β -Blockers	+	(+) ^a	+
Calcium antagonists	+	(+)	(+)
Methylxanthine-containing beverages, food and drugs	-	+	-
Persantine	+	+	-
Caffeine-containing foods and beverages	-	+	-
Fasting	-	-	-
Insulin	Check blood glucose before exercise to avoid hypoglycaemia	-	-

ΕΠΙΠΛΟΚΕΣ ΣΤΕΦΑΝΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

- **Κίνδυνος θανάτου:** 0,1–0,2%.
- **Σοβαρές επιπλοκές:** (έμφραγμα του μυοκαρδίου, εγκεφαλικό επεισόδιο, βαριά αρρυθμία): 0,5%.
- **Τοπικές επιπλοκές:** Βλάβη του αγγειακού τοιχώματος, σχηματισμός θρόμβου, λοίμωξη.
- **Επεισόδια περιφερειακών εμβολών**
- **Παρασυμπαθητικές αντιδράσεις:** Βραδυκαρδία, υπόταση, ναυτία.
- **Πυρετική κίνηση**
- **Επιπλοκές οφειλόμενες στο σκιαγραφικό:** Αλλεργικές αντιδράσεις, νεφροπάθεια, αιμοδυναμικές μεταβολές, ΗΚΓκές διαταραχές.
- **Ακτινική επιβάρυνση:** 20–45mSv.

ΣΠΙΝΘΗΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΥΟΚΑΡΔΙΟΥ

- **Ραδιοφάρμακα**
 - I. Ραδιοφάρμακα διάχυσης (αιμάτωσης)
 - II. Ραδιοφάρμακα μεταβολισμού
 - III. Ραδιοφάρμακα θετικής απεικόνισης της νέκρωσης
 - IV. Ραδιοφάρμακα θετικής απεικόνισης της ισχαιμίας
 - V. Ραδιοφάρμακα νευροϋποδοχέων
 - VI. Ραδιοφάρμακα απεικόνισης των καρδιακών θρόμβων και των αθηρωματικών πλακών

ΡΑΔΙΟΦΑΡΜΑΚΑ ΜΥΟΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΑΙΜΑΤΩΣΗΣ (ΔΙΑΧΥΣΗΣ)

- **Θάλλιο – 201 (^{201}Tl)**, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ – εξάκις – 2 – μεθοξυ – ισοβουτυλ – ισονιτρίλιο (**sestamibi**), $^{99\text{m}}\text{Tc}$ – teboroxime, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ – [1,2 – δισ (δισ (2 – αιθοξυαιθυλ) φωσφίνο) αιθάνη] (**tetrofosmin**), $^{99\text{m}}\text{Tc}$ – [1,2 – δισ [διδυδρο – 2,2,5,5 – τετραμεθυλ – 3 (2 H) φουρανονατο – 4 μεθυλενοαμινοαιθάνη] δισ [τρεις (3 – μεθοξυ – 1 – προπυλ) φωσφίνη] (furifosmin, Q – 12), Bis (N-ethoxy, N-ethyldithiocarbonate) nitrido ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ N-NOET), για απεικόνιση με γ -camera.
- Ρουβίδιο – 82 (**^{82}Rb**), αμμωνία επισημασμένη με ^{13}N (**$^{13}\text{NH}_3$**), νερό επισημασμένο με ^{15}O (**H_2^{15}O**), διοξείδιο του άνθρακα επισημασμένο με ^{15}O (**C^{15}O_2**), ^{62}Cu -PTSM, για απεικόνιση με «PET» camera.

ΡΑΔΙΟΦΑΡΜΑΚΑ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΥ

- I. ^{123}I – ελεύθερα λιπαρά οξέα (FFA) όπως ^{123}I εξαδεκανοϊκό οξύ, ^{123}I ρ-ιοδοφενυλπενταδεκανοϊκό οξύ (IPPA), β-μεθυλ-ρ-ιοδοφενυλπενταδε-κανοϊκό οξύ (BMIPP) κλπ. για απεικόνιση με γ-camera (εκτίμηση του μεταβολισμού των λιπαρών οξέων – αερόβιος μεταβολισμός).
- II. ^{11}C – λιπαρά οξέα (π.χ. παλμιτικό οξύ) και ^{11}C – ακετοξειϊκό οξύ, για την εκτίμηση του αερόβιου μεταβολισμού με «PET» camera.
- III. ^{18}F – φθοριωμένη δεοξυγλυκόζη (^{18}FDG) για την εκτίμηση του μεταβολισμού της γλυκόζης (αναερόβιος μεταβολισμός) με PET camera.

ΡΑΔΙΟΦΑΡΜΑΚΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΤΗΣ ΝΕΚΡΩΣΗΣ

- ^{99m}Tc – πυροφωσφορικό (ΡΥΡ)
- ^{111}In (^{99m}Tc) – αντιμυοσίνη
- ^{99m}Tc – γλουκαρικό οξύ
- (Σπινθηρογράφιση με γ -camera).

ΡΑΔΙΟΦΑΡΜΑΚΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΤΗΣ ΙΣΧΑΙΜΙΑΣ

- ^{123}I – ιοδομιζονιδαζόλη (καθώς και παράγωγα νιτροϊμιδαζόλης επισημασμένα με $^{99\text{m}}\text{Tc}$) για σπινθηρογράφημα με γ -camera.
- ^{18}F – φλουορομιζονιδαζόλη για σπινθηρογράφημα με «PET» - camera.

ΡΑΔΙΟΦΑΡΜΑΚΑ ΝΕΥΡΟΪΠΟΔΟΧΕΩΝ

- ^{123}I – μεταϊωδοβενζυγλουανιδίνη (MIBG) για απεικόνιση με γ -camera.
- ^{18}F – ντοπαμίνη, ^{11}C – υδροξυεφεδρίνη, ^{11}C – μεθυλ – (βενζυλοκουανουκλιδίνη) (QNB) κλπ. για απεικόνιση με «PET» camera.

ΡΑΔΙΟΦΑΡΜΑΚΑ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΚΑΡΔΙΑΚΩΝ ΘΡΟΜΒΩΝ ΚΑΙ ΑΘΗΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΠΛΑΚΩΝ

- Απεικόνιση θρόμβων με γ -camera
 - επισημασμένα με ^{111}In ή $^{99\text{m}}\text{Tc}$ αιμοπετάλια.
 - επισημασμένα με ^{111}In ή $^{99\text{m}}\text{Tc}$ παράγοντες των αιμοπεταλίων, του ινωδογόνου και της ινικής.
 - επισημασμένα με ^{111}In ή $^{99\text{m}}\text{Tc}$ μονοκλωνικά αντισώματα.
- Απεικόνιση θρόμβων με PET camera
 - επισημασμένα με ^{68}Ga αιμοπετάλια.
- Απεικόνιση αθηρωματικών πλακών με γ -camera
 - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ή ^{123}I – IDL.

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΡΑΔΙΟΦΑΡΜΑΚΩΝ ΑΙΜΑΤΩΣΕΩΣ ΤΟΥ ΜΥΟΚΑΡΔΙΟΥ

- Συγκέντρωση του ραδιοφαρμάκου στο μυοκάρδιο ανάλογη της περιοχικής αιματικής ροής για ένα ευρύ φάσμα ροής.
- Υψηλή συγκέντρωση του ρ/φ στο μυοκάρδιο, ώστε να αναδεικνύονται με τη σπινθηρογράφηση οι περιοχικές διαφορές συγκέντρωσης του ρ/φ στο μυοκάρδιο.
- Η αρχική συγκέντρωση του ρ/φ στο μυοκάρδιο μετά τη χορήγηση να παραμένει σταθερή τουλάχιστον όσο διαρκεί η σπινθηρογράφηση.
- Η πρόσληψη του ρ/φ από το μυοκάρδιο να εξαρτάται κυρίως από την αιματική ροή και όχι από μεταβολικούς παράγοντες.
- Να επισημαίνεται με ραδιοϊσότοπα που διαθέτουν κατάλληλα φυσικά χαρακτηριστικά ώστε να επιτυγχάνεται ικανοποιητική ποιότητα απεικόνισης χωρίς υψηλή ακτινική επιβάρυνση.
- Εύκολη διαθεσιμότητα, χαμηλό κόστος.

ΧΛΩΡΙΟΥΧΟ ΘΑΛΛΙΟ (²⁰¹Tl-chloride)

➤ Φυσικοχημικές ιδιότητες

- μονοσθενές κατιόν της ομάδας IIIA του περιοδικού συστήματος
- παράγεται σε κυκλοτρόνιο
- φυσικός χρόνος υποδιπλασιασμού ≈ 73 ώρες
- εκπομπή γ -ακτινοβολίας 135 και 167keV (12%)
- εκπομπή χ -ακτινοβολίας 67– 82keV (88%)

➤ Χορήγηση / ακτινική επιβάρυνση

- in 1-2min πριν το τέλος της δοκιμασίας κοπώσεως ή στη μέγιστη φόρτιση (φαρμακολογικές δοκιμασίες).
- δόση: 80 MBq (74 –148MBq / 0,044mCi/kg)
- ολόσωμη ακτινική επιβάρυνση $\approx 18\text{mSv}/80\text{MBq}$
- ακτινική επιβάρυνση νεφρών (όργανο στόχος) $\approx 40\text{mSv}/80\text{MBq}$

➤ Βιοκινητική

- ιόν ανάλογο του K^+
- είσοδος στα μυοκαρδιακά κύτταρα με ενεργητικό μηχανισμό μέσω της αντλίας $Na^+ - K^+ - ATPάση$ (60%) και με παθητική διάχυση (40%)
- η συνδετική ικανότητα του Tl^+ με την αντλία είναι 900 φορές μεγαλύτερη από αυτήν του K^+
- η μυοκαρδιακή πρόσληψη εξαρτάται κυρίως από την αιματική ροή και το κλάσμα απολήψεως (myocardial extraction fraction - MEF $\approx 87 - 88\%$) του ραδιοϊσοτόπου από το μυοκάρδιο (λιγότερο από μεταβολικούς παράγοντες, φάρμακα και από τη μυοκαρδιακή μάζα)
- η σχέση της αιμάτωσης και της συγκέντρωσης του Tl^+ σε κάθε περιοχή του μυοκαρδίου είναι πρακτικά γραμμική, εκτός από περιπτώσεις με μεγάλη αύξηση ($> 2 - 2.5$ φορές της βασικής τιμής) ή σημαντική ελάττωση ($< 50 - 10\%$ της βασικής) της μυοκαρδιακής αιματικής ροής, όπου η τιμή του MEF μειώνεται ή αυξάνεται αντίστοιχα
- 4% συγκέντρωση στο μυοκάρδιο
- χρόνος ημικαθάρευσης του Tl^+ $\approx 4h$ όταν η χορήγηση γίνεται σε μέγιστη κόπωση, είναι μεγαλύτερος όταν η χορήγηση πραγματοποιείται σε υπομέγιστη κόπωση ή φαρμακευτική αγγειοδιαστολή και περίπου 8h όταν χορηγείται σε ηρεμία

➤ Επανακατανομή (Redistribution)

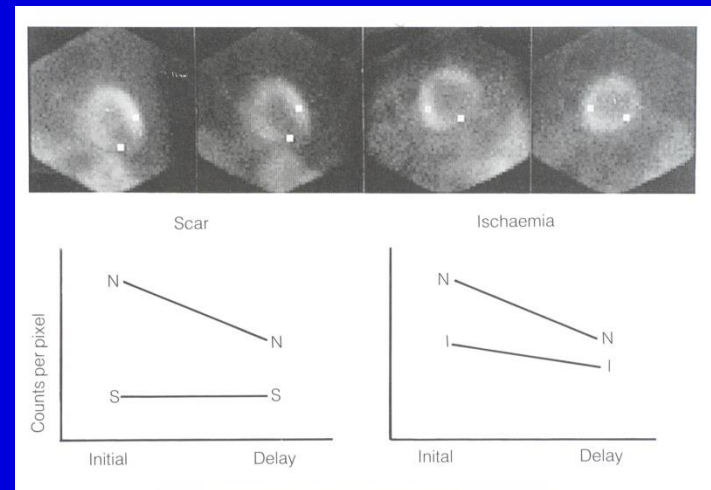
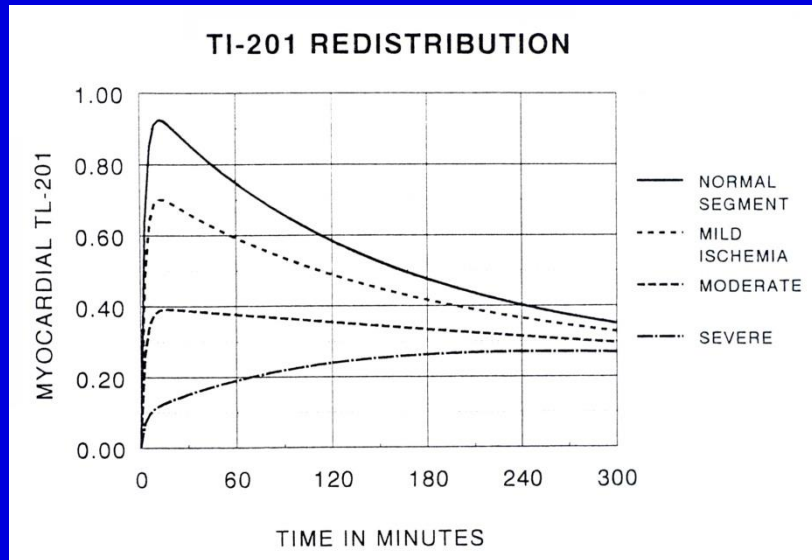
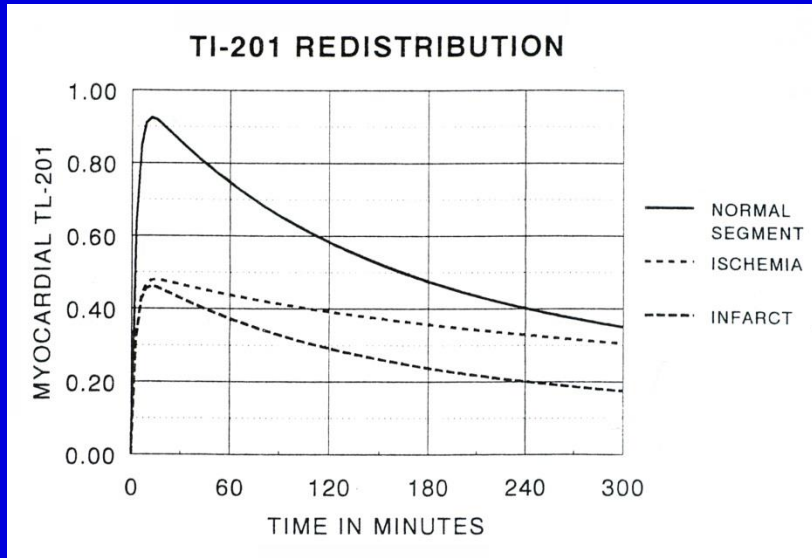
➤ Ανάστροφος επανακατανομή

ΕΠΑΝΑΚΑΤΑΝΟΜΗ (REDISTRIBUTION)

Προϋπόθεση η βιωσιμότητα του μυοκαρδίου

- Ακολουθεί την αρχική φάση συγκέντρωσης του ^{201}Tl στο μυοκάρδιο
- Συνεχής είσοδος (input) και έξοδος (output) του ^{201}Tl από το μυοκάρδιο
- Washout = output – input, εξαρτάται από τη διαφορά ενδοκυττάριας / εξωκυττάριας συγκέντρωσης (βραδύτερος ρυθμός washout από τις ισχαιμικές περιοχές)
- Ο ρυθμός του washout επιταχύνεται όταν η χορήγηση πραγματοποιείται σε μέγιστη άσκηση και όταν επιταχύνεται η κάθαρση του ^{201}Tl από το αίμα (π.χ. χορήγηση ινσουλίνης, λήψη τροφής)
- Αποτέλεσμα του φαινομένου της επανακατανομής είναι η προοδευτική εξομοίωση της συγκέντρωσης του ^{201}Tl στις περιοχές με φυσιολογική και μειωμένη συγκέντρωση μετά τη χορήγηση, που απεικονίζεται ως «πλήρωση» των αρχικών «ελλειμμάτων»
- Ανάλογα με το βαθμό «αναστροφής» των «ελλειμμάτων», χαρακτηρίζονται ως **«αναστρέψιμα»** (εξομοίωση της συγκέντρωσης ^{201}Tl με τις φυσιολογικές περιοχές - ισχαιμία), μερικώς **«αναστρέψιμα»** (βελτίωση χωρίς πλήρη εξομοίωση των «ελλειμμάτων» - συνύπαρξη βιώσιμου αλλά ισχαιμικού μυοκαρδίου και νεκρωμένου / ανεπαρκούς χρόνος για πλήρη επανακατανομή) **μη αναστρέψιμα** (νεκρωμένο μυοκάρδιο? 30 – 40% των σταθερών «ελλειμμάτων» περιέχουν βιώσιμο μυοκάρδιο, σημαντικός παράγοντας η βαρύτητα του «ελλείμματος»)

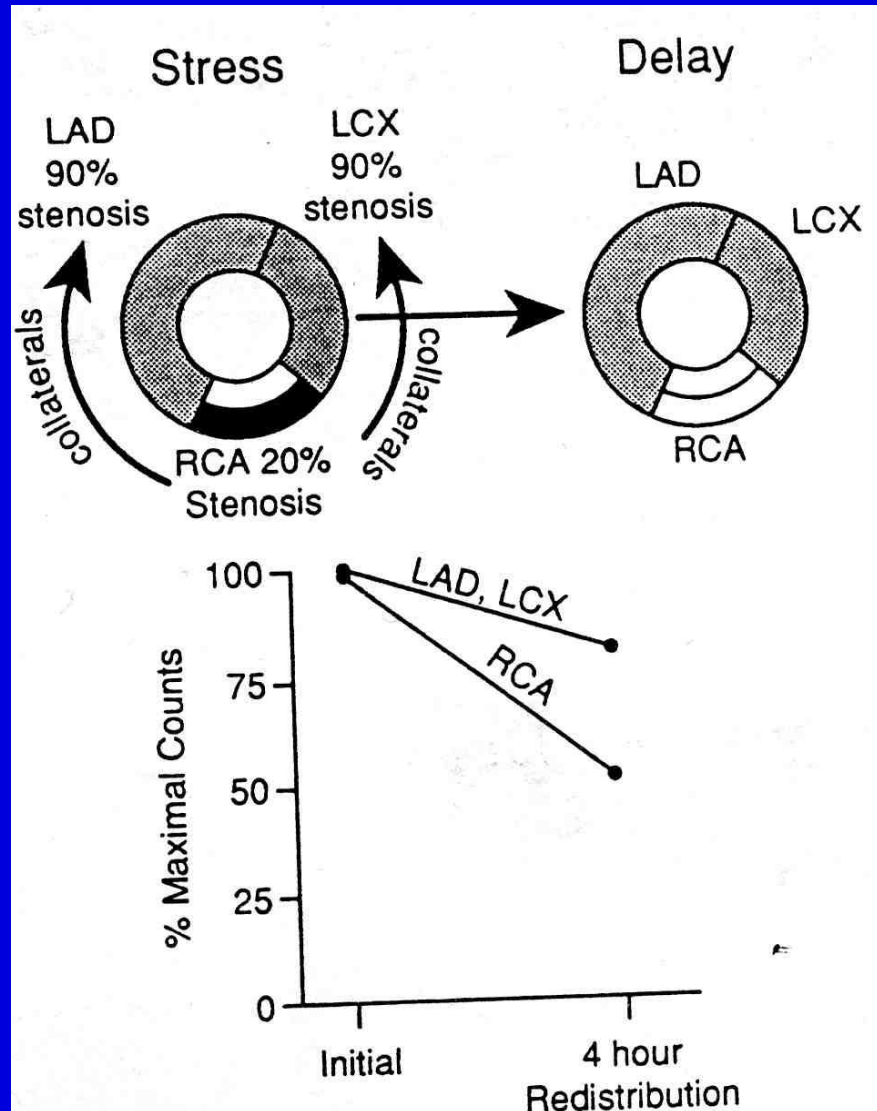
ΕΠΑΝΑΚΑΤΑΝΟΜΗ



ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΕΠΑΝΑΚΑΤΑΝΟΜΗ (REVERSE REDISTRIBUTION)

- Ορίζεται ως η «επιδείνωση» της απεικόνισης (ή η νέα εμφάνιση) ενός «ελλείμματος» στο όψιμο σπινθηρογράφημα συγκριτικά με το σπινθηρογράφημα μετά τη χορήγηση
- Αναφέρεται έως και στο 75% των ασθενών με **μη διατοιχωματικό έμφραγμα** μετά από επαναιμάτωση (θρομβόλυση /εν θερμώ PTCA) και σχετίζεται με **βατή** (στένωση < 50%) την αντίστοιχη αρτηρία (μεγαλύτερη από το φυσιολογικό αιματική ροή στη βιώσιμη ζώνη του μυοκαρδίου) – το εύρημα συσχετίζεται με **βιώσιμο μυοκάρδιο**
- 5 -15% των ασθενών με χρόνια – σταθερή στεφανιαία νόσο εμφανίζουν ανάστροφη επανακατανομή
- Το φαινόμενο αποδίδεται σε αρκετές περιπτώσεις (ιδίως όταν η απεικόνιση στο σπινθηρογράφημα κοπώσεως είναι φυσιολογική) σε **artifacts** (π.χ. μεγαλύτερη εξασθένιση της ακτινοβολίας στο σπινθηρογράφημα ηρεμίας, υπερβολική αφαίρεση background κατά την επεξεργασία, υψηλή εξωκαρδιακή συγκέντρωση του ρ/φ κατά το σπινθηρογράφημα ηρεμίας προκαλώντας υποεκτίμηση της μυοκαρδιακής απεικόνισης)
- Σε κάθε περίπτωση το φυσιολογικό σπινθηρογράφημα αποτελεί κριτήριο **άριστης πρόγνωσης** (σε αυτές τις περιπτώσεις η ανάστροφη επανακατανομή πιθανότατα αποδίδεται σε τεχνικούς λόγους)

ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΕΠΑΝΑΚΑΤΑΝΟΜΗ



ΠΑΘΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΣΠΙΝΘΗΡΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΕΛΛΕΙΜΜΑΤΩΝ

- Εκτός από τη μειωμένη αιμάτωση ή/και μυοκαρδιακή νέκρωση υπάρχουν και άλλες αιτίες πρόκλησης σπινθηρογραφικών ελλειμμάτων (π.χ. artifacts, μυοκαρδιοπάθεια).
- Ασθενείς με πολυαγγειακή στεφανιαία νόσο συχνά τερματίζουν πρόωρα τη δοκιμασία κοπώσεως λόγω ισχαιμίας στην περιοχή του μυοκαρδίου που αιματώνεται από το αγγείο με τη σημαντικότερη στένωση, προτού εμφανιστεί ισχαιμία (ή ετερογένεια στη συγκέντρωση του ρ/φ) στις περιοχές του μυοκαρδίου που αιματώνονται από αγγεία με μικρότερες στενώσεις (υποεκτίμηση της ισχαιμίας).
- **Σπάνια** (< 1% - πολύ σπανιότερα με SPECT σπινθηρογράφημα) αναφέρονται περιπτώσεις ψευδώς φυσιολογικού σπινθηρογραφήματος σε ασθενείς με πολυαγγειακή νόσο λόγω ομοιογενώς μειωμένης διάχυσης του ρ/φ σε όλο το μυοκάρδιο (χρήσιμη η washout ανάλυση του planar σπινθηρογραφήματος).

ΡΑΔΙΟΦΑΡΜΑΚΑ ΕΠΙΣΗΜΑΣΜΕΝΑ ΜΕ ^{99m}Tc

- Ισονιτρίλια όπως το **sestamibi**.
- Παράγωγα της φοσμίνης όπως η **τετροφοσμίνη** και η φουριφοσμίνη
- Παράγωγα του βορονικού οξέος όπως η τεμποροξίμη.
- N-NOET

^{99m}Tc -sestamibi

- **Φυσικοχημικές Ιδιότητες – Βιοκινητική**
 - λιπόφιλο κατιονικό σύμπλεγμα / «ψυχρό kit» - παρασκευάζεται με βρασμό
 - 1.4 – 1.8% της χορηγούμενης δόσης προσλαμβάνεται από το μυοκάρδιο στην ηρεμία, 2.2 – 2.8% στην κόπωση
 - εισέρχεται στα μυοκαρδιακά κύτταρα με μηχανισμό διάχυσης, λόγω της λιποφιλικότητάς του και του φορτίου του
 - συγκεντρώνεται - συνδέεται λόγω του φορτίου του με τα μιτοχόνδρια του βιώσιμου μυοκαρδιακού ιστού
 - η μυοκαρδιακή πρόσληψη εξαρτάται κυρίως από την αιματική ροή (γραμμική σχέση για ρυθμούς ροής 0.2 έως 2.0 – 2.2ml/min/gr, 93% συμφωνία με το ^{201}Tl)
 - **δεν εμφανίζει σημαντική επανακατανομή** (σχετικά σταθερή συγκέντρωση στο μυοκάρδιο), 10 – 15% του ρ/φ καθαίρεται εντός 4h
 - **δυνατότητα συνεκτίμησης και της καρδιακής λειτουργίας** (gated – tomo μελέτη ή/και first-pass κοιλιογραφία)
 - μεγάλη συγκέντρωση του ραδιοφαρμάκου στο ηπατοχολικό σύστημα – απέκκριση στο έντερο / μικρή συγκέντρωση στους πνεύμονες
- **Χορήγηση / ακτινική επιβάρυνση**
 - iv 1–2min πριν το τέλος της δοκιμασίας κοπώσεως ή στη μέγιστη φόρτιση (φαρμακολογικές δοκιμασίες)
 - **δόση: 600 – 900MBq (πρωτόκολλο δύο ημερών), 185 – 500/550 – 1500 MBq (πρωτόκολλο μίας ημέρας)**
 - ολόσωμη ακτινική επιβάρυνση $\approx 11\text{mSv} / 1370\text{MBq}$
 - ακτινική επιβάρυνση εντέρου $\approx 27 - 50\text{mSv} / 1370\text{MBq}$, χοληδόχου κύστης $55\text{mSv} / 1370\text{MBq}$

^{99m}Tc -tetrofosmin

- **Φυσικοχημικές Ιδιότητες – Βιοκινητική**
 - λιπόφιλο κατιονικό σύμπλεγμα / «ψυχρό kit» παρασκευάζεται χωρίς βρασμό
 - 1,2 – 1,7% της χορηγούμενης δόσης προσλαμβάνεται από το μυοκάρδιο.
 - εισέρχεται στα μυοκαρδιακά κύτταρα με μηχανισμό διάχυσης, λόγω της λιποφιλικότητάς του και του φορτίου του
 - συγκεντρώνεται - συνδέεται λόγω του φορτίου του με τα μιτοχόνδρια του βιώσιμου μυοκαρδιακού ιστού
 - η μυοκαρδιακή πρόσληψη εξαρτάται κυρίως από την αιματική ροή (γραμμική σχέση για ρυθμούς ροής 0.2 έως 1.5 – 2.0 ml/min/gr (93% συμφωνία με το ^{201}Tl)).
 - δεν εμφανίζει σημαντική επανακατανομή
 - δυνατότητα συνεκτίμησης και της καρδιακής λειτουργίας (gated – tomo μελέτη ή/και first-pass κοιλιογραφία)
 - μικρότερη συγκριτικά με το sestamibi συγκέντρωση του ραδιοφαρμάκου στο ηπατοχολικό σύστημα – ταχύτερη απέκκριση / μικρή συγκέντρωση στους πνεύμονες
- **Χορήγηση / ακτινική επιβάρυνση**
 - iv 1 – 2 min πριν το τέλος της δοκιμασίας κοπώσεως ή στη μέγιστη φόρτιση (φαρμακολογικές δοκιμασίες)
 - δόση: 600 – 900 MBq (πρωτόκολλο δύο ημερών), 185 – 500 / 550 – 1500 MBq (πρωτόκολλο μίας ημέρας)
 - ολόσωμη ακτινική επιβάρυνση $\approx 10.1\text{mSv} / 1370\text{MBq}$
 - ακτινική επιβάρυνση εντέρου - χοληδόχου κύστης ανάλογη με εκείνη του sestamibi

^{99m}Tc -furifosmin (Q12)

- λιπόφιλο κατιονικό σύμπλεγμα / «ψυχρό kit» - παρασκευάζεται με βρασμό
- παρόμοιες φυσικοχημικές ιδιότητες και βιοκινητική με το tetrofosmin με κύρια διαφορά την ταχύτερη κάθαρση του ρ/φ από το μυοκάρδιο στα πρώτα 5 -10 min μετά τη χορήγηση
- 1.2 – 2.2% το ποσοστό πρόσληψης του ρ/φ από το μυοκάρδιο

^{99m}Tc -NOET

- λιπόφιλο ουδέτερο σύμπλεγμα / «ψυχρό kit» - παρασκευάζεται με βρασμό
- συνδέεται με τα υδρόφοβα τμήματα των κυτταρικών μεμβρανών (?) – απαραίτητη η ακεραιότητα της κυτταρικής μεμβράνης
- υψηλή συγκέντρωση (3.0 – 3.5%) του ρ/φ στο μυοκάρδιο (MEF \approx 87% - παρόμοιο με του ^{201}Tl)
- παρουσιάζει γραμμική σχέση με την αιματική ροή σε υψηλούς ρυθμούς ροής
- προοδευτική «αποκατάσταση» (συνήθως εντός 90 – 120 min) των ισχαιμικών ελλειμμάτων που απεικονίζονται στο σπινθηρογράφημα κοπώσεως – βραδύτερος ρυθμός κάθαρσης του ρ/φ από τις ισχαιμικές περιοχές (φαινόμενο επανακατανομής)

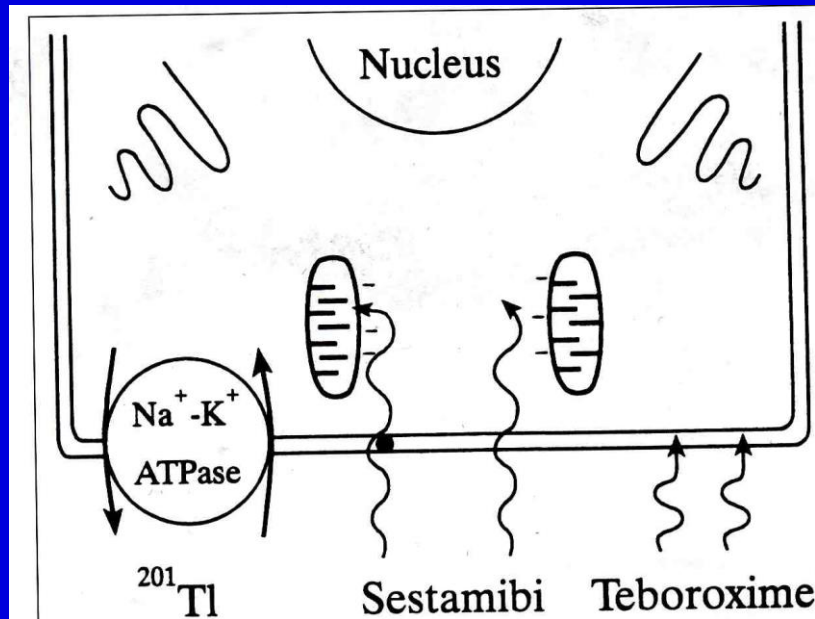
^{99m}Tc-teboroxime

➤ Φυσικοχημικές Ιδιότητες – Βιοκινητική

- λιπόφιλο ουδέτερο σύμπλεγμα / «ψυχρό kit» - παρασκευάζεται με βρασμό
- ταχύτατη συγκέντρωση στο μυοκάρδιο, **υψηλό uptake** (3 – 4%)
- συνδέεται με τα υδρόφοβα τμήματα των κυτταρικών μεμβρανών – απαραίτητη η ακεραιότητα της κυτταρικής μεμβράνης
- η μυοκαρδιακή πρόσληψη εξαρτάται αποκλειστικά από την αιματική ροή (γραμμική σχέση για ρυθμούς ροής 0.3 έως 2.4 – 2.5ml/min/gr (25% μεγαλύτερο MEF συγκριτικά με το ²⁰¹Tl)
- διφασικός ρυθμός κάθαρσης του ρ/φ από το μυοκάρδιο (68% με T1/2 2 min, 32% με T1/2 78 min) – ο ρυθμός κάθαρσης εξαρτάται από την αιματική ροή (επανακατανομή?)
- δυνατότητα συνεκτίμησης και της καρδιακής λειτουργίας (first-pass κοιλιογραφία)

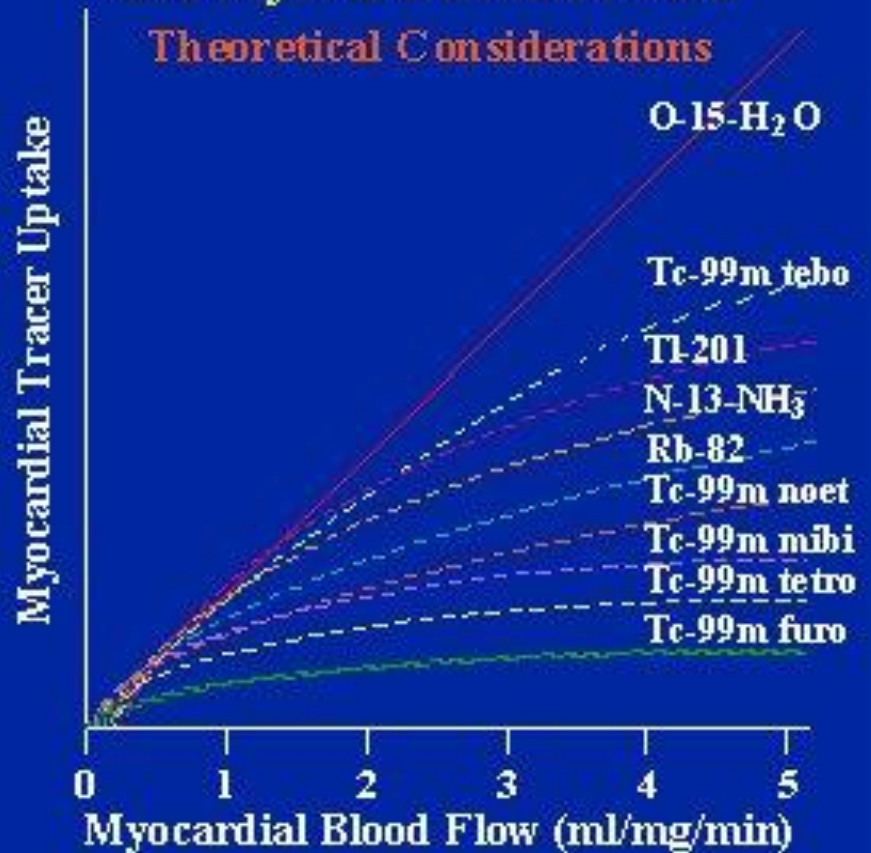
➤ Χορήγηση / ακτινική επιβάρυνση

- iv στη μέγιστη φόρτιση (προτιμώνται οι φαρμακολογικές δοκιμασίες) – έναρξη του σπινθηρογραφήματος εντός 2 min από τη χορήγηση, ολοκλήρωση εντός 10 περίπου min
- δόση: 370 – 740 / 550 – 740 MBq (πρωτόκολλο μίας ημέρας)
- ολόσωμη ακτινική επιβάρυνση ≈ 11mSv / 1110MBq



Relationship Between Tracer Uptake and Myocardial Blood Flow

Theoretical Considerations



Berman, Leppo, 1997

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΡΑΔΙΟΦΑΡΜΑΚΩΝ

^{201}Tl

Πλεονεκτήματα

- επανακατανομή (δ.δ. ισχαιμίας από νέκρωση με μία χορήγηση)
- υπερτερεί (?) στην ανίχνευση βιώσιμου μυοκαρδίου
- μικρότερη ακτινική επιβάρυνση του προσωπικού
- χαμηλή συγκέντρωση στο ήπαρ και στο έντερο

Μειονεκτήματα

- χαμηλή ενέργεια (attenuation artefacts)
- χαμηλός ρυθμός εκπομπής φωτονίων (χαμηλής ποιότητας λειτουργική απεικόνιση)

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -(sestamibi, tetrofosmin)

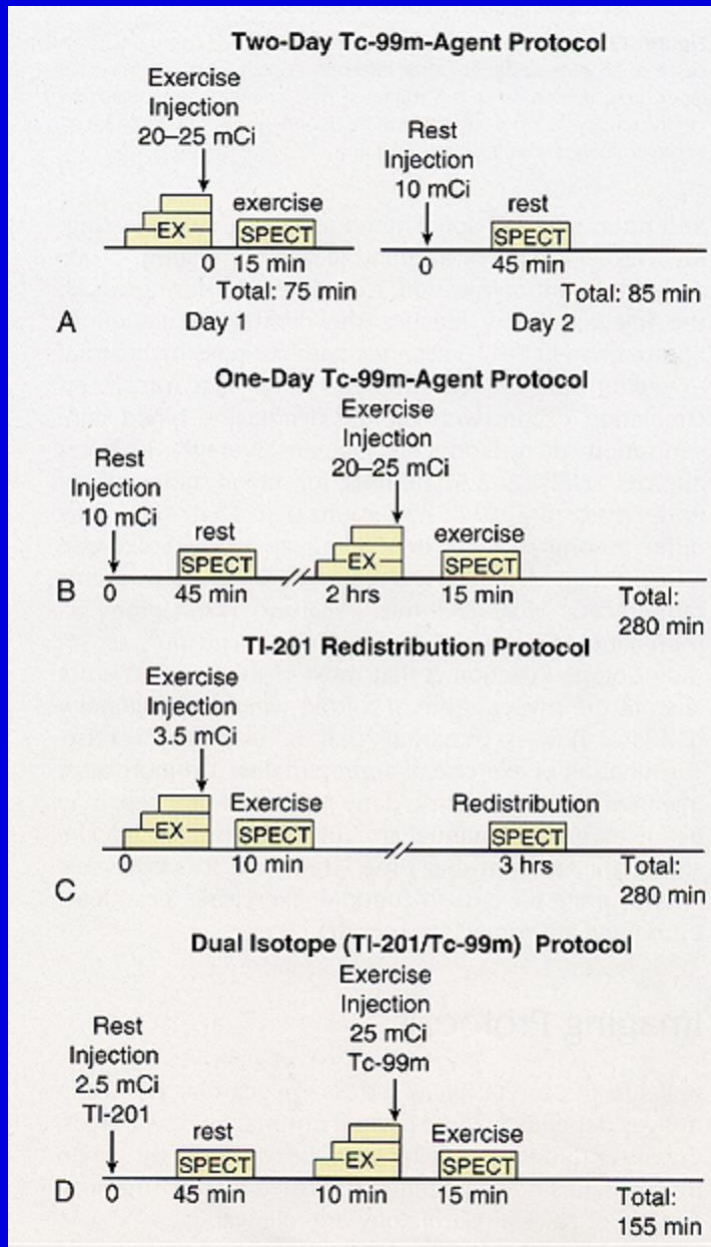
Πλεονεκτήματα

- υψηλότερη ενέργεια και ρυθμός εκπομπής φωτονίων (καλύτερη ποιότητα απεικόνισης)
- εύκολη διαθεσιμότητα (cold kit)
- χρονική αποσύνδεση χορήγησης και απεικόνισης
- δυνατότητα λειτουργικής απεικόνισης του μυοκαρδίου (first-pass, gated-tomo)
- μικρότερη ακτινική επιβάρυνση του εξεταζόμενου

Μειονεκτήματα

- μεγάλη συγκέντρωση στο έντερο και στα σπλάχνα
- απαιτούνται δύο χορηγήσεις (δ.δ. ισχαιμίας από νέκρωση)

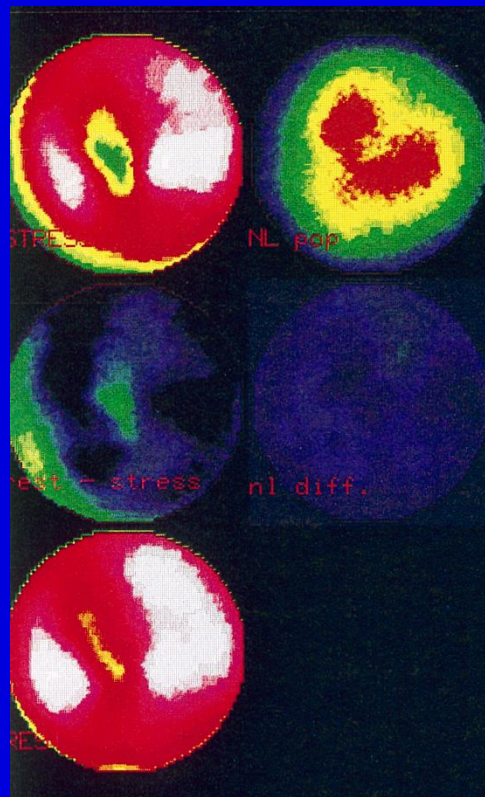
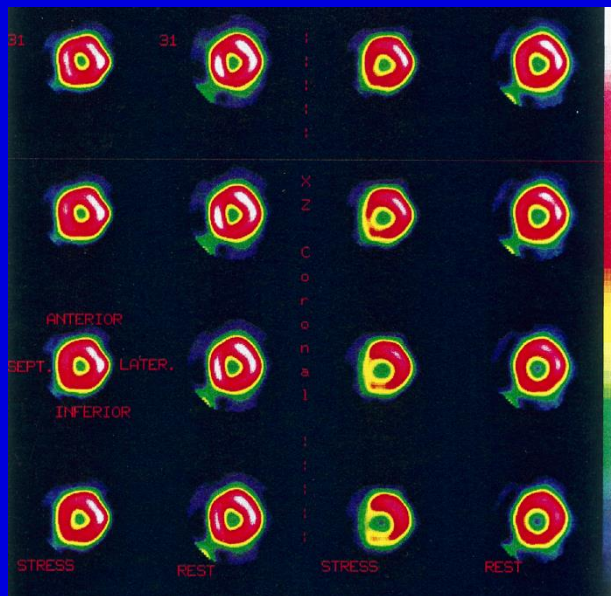
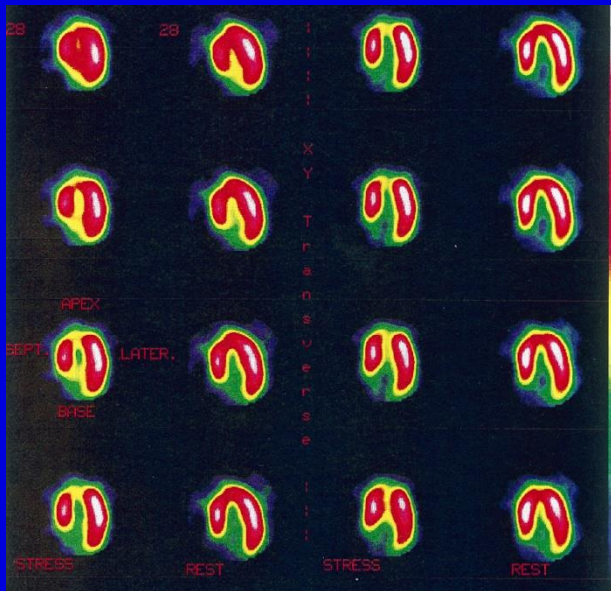
ΣΥΝΗΘΗ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ SPECT ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΤΟΥ ΜΥΟΚΑΡΔΙΟΥ



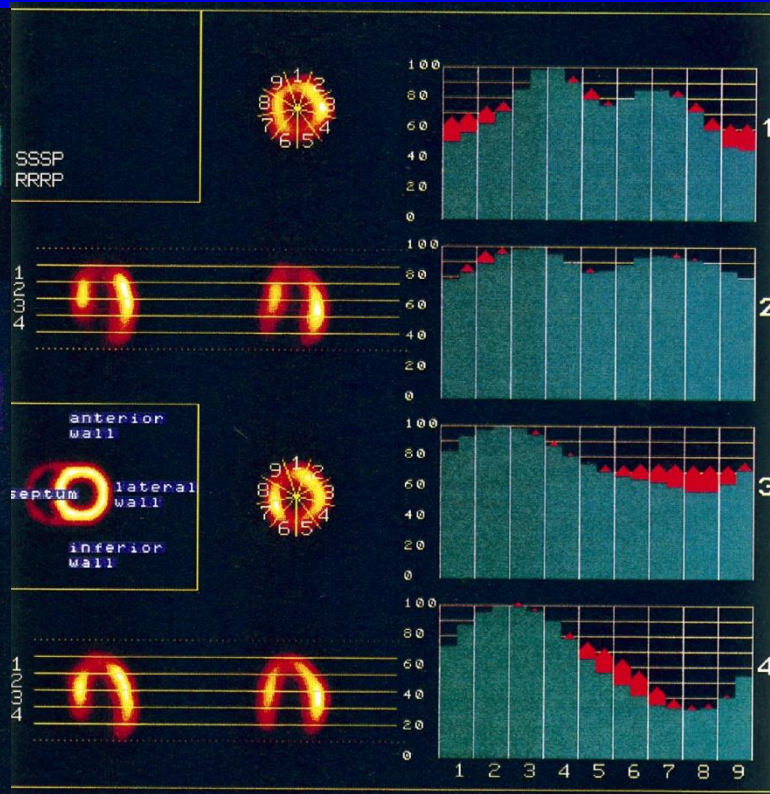
ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΗΜΙΠΟΣΟΤΙΚΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΤΟ ΣΠΙΝΘΗΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΔΙΑΧΥΣΗΣ ΤΟΥ ΜΥΟΚΑΡΔΙΟΥ

- Καρδιοπνευμονικός Δείκτης.
- Πολική Ανάλυση
(Polar Map – Bull’s Eye Analysis).
- Ποσοτικοποίηση των Τεσσάρων Κεντρικών
Εγκάρσιων Τομών (4 – Slices Quantification).
- Κυκλοτερής Ανάλυση
(Circumferential Profile Analysis).
- Απεικόνιση Τριών Διαστάσεων
(Three Dimension Display – 3D) - TID.

ΗΜΙΠΟΣΟΤΙΚΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΕΣ

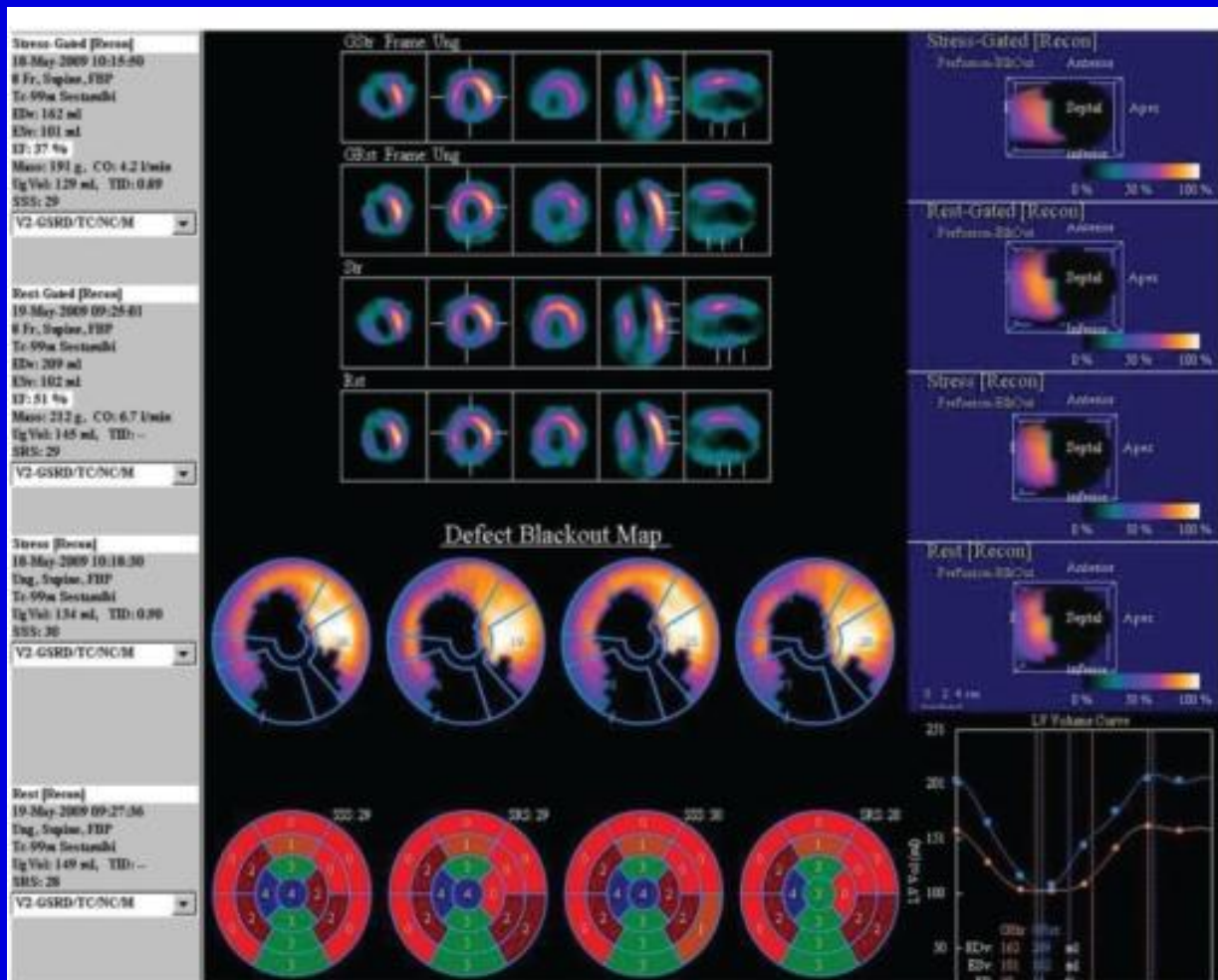


BULLS' EYE ANALYSIS



4 - SLICES QUANTIFICATION

ΗΜΙΠΟΣΟΤΙΚΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΕΣ



Source:

Ankrah A, et al.

Association between plasma homocysteine and myocardial SPECT abnormalities in patients referred for suspected myocardial ischaemia

Cardiovasc J Afr. 2012 ; 23(6): 313-317.

CC BY 2.5

ΡΑΔΙΟΪΣΟΤΟΠΙΚΗ ΚΟΙΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κοιλιογραφία πρώτης διόδου.
- Κοιλιογραφία ισορροπίας.

ΡΑΔΙΟΪΣΟΤΟΠΙΚΗ ΚΟΙΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΠΡΩΤΗΣ ΔΙΟΔΟΥ

- **Ραδιοφάρμακα**

- ραδιοφάρμακα επισημασμένα με ^{99m}Tc (DTPA, Sulphurcolloid, διάχυσης του μυοκαρδίου).
- βραχύβια ισότοπα (^{191m}Ir , ^{195m}Au , ^{178}Ta , ^{81m}Kr).

- **Παράμετροι που μπορούν να υπολογιστούν**

- το κλάσμα εξώθησης της αριστεράς ή/και της δεξιάς κοιλίας.
- οι τελοδιαστολικοί και τελοσυστολικοί όγκοι.
- η τμηματική κινητικότητα – τα περιοχικά κλάσματα εξώθησης.
- οι χρόνοι διαστολικής πλήρωσης.
- οι χρόνοι εξώθησης.
- οι χρόνοι πνευμονικής διελεύσεως, καθώς και διελεύσεως μεταξύ των κοιλοτήτων.
- ο πνευμονικός όγκος αίματος.
- η αριστεροδεξιά διαφυγή, καθώς και η βαλβιδική ανεπάρκεια.

ΡΑΔΙΟΪΣΟΤΟΠΙΚΗ ΚΟΙΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣΜΕ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ «ΠΥΛΗΣ» (MUGA)

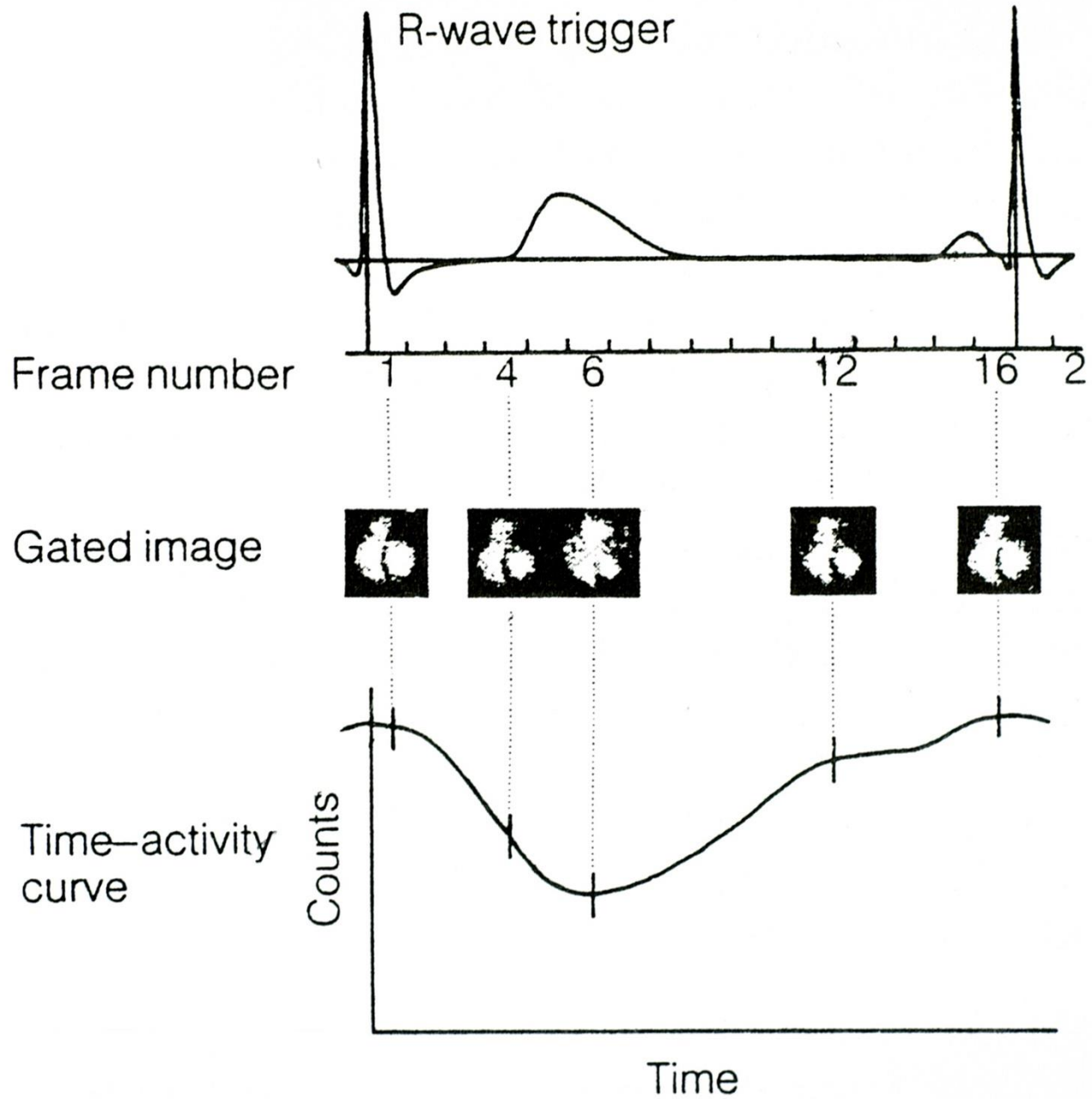
- **Ραδιοφάρμακα**

Πρέπει να κατανέμονται ομοιογενώς και σταθερά στην αιματική δεξαμενή.

- ^{99m}Tc – ανθρώπιος αλβουμίνη.
- ^{99m}Tc – αυτόλογα ερυθρά αιμοσφαίρια.

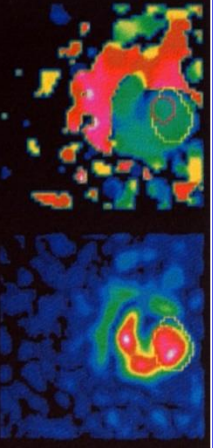
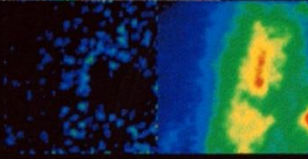
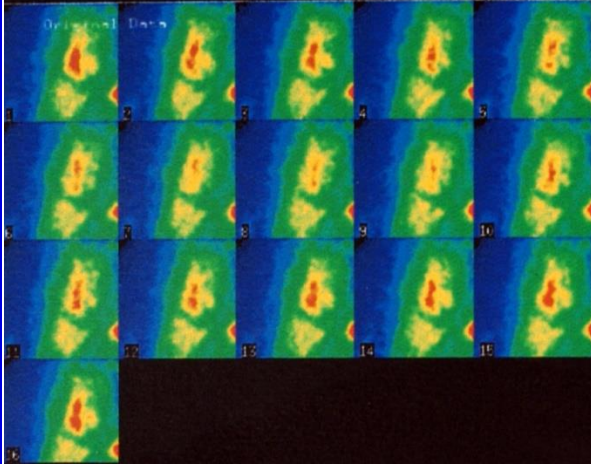
- **Παράμετροι που μπορούν να υπολογιστούν**

- το ολικό κλάσμα εξώθησης της αριστεράς (ή και της δεξιάς) κοιλίας και η καρδιακή παροχή.
- τα περιοχικά κλάσματα εξώθησης.
- η ανάλυση φάσης.
- οι τελοδιαστολικοί και τελοσυστολικοί όγκοι της αριστεράς και της δεξιάς κοιλίας.
- οι χρόνοι διαστολικής πλήρωσης και εξώθησης.
- οι μεταβολές όλων των ανωτέρω παραμέτρων κατά την κόπωση.



Name :
 Patient ID :
 Birth Date : 46-???-1946
 Dataset : LAO -(A)W0
 Acq Date : 02-Mar-2004
 Institute :

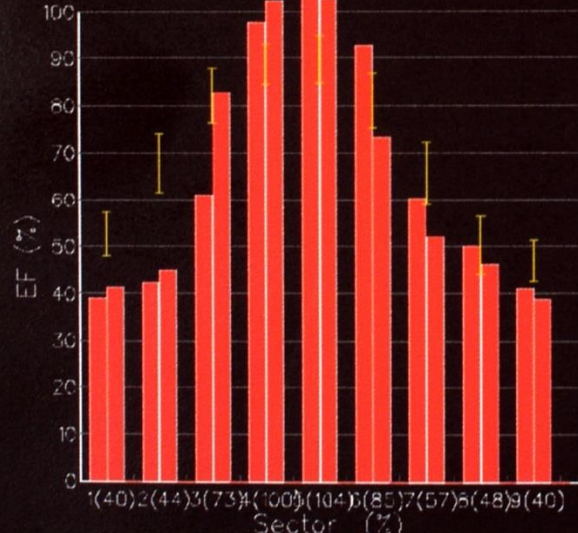
Stdd: 92.4
 Avg : 183.7
 LV+RV
 Stdd: 40.4
 Avg : 105.0
 LV



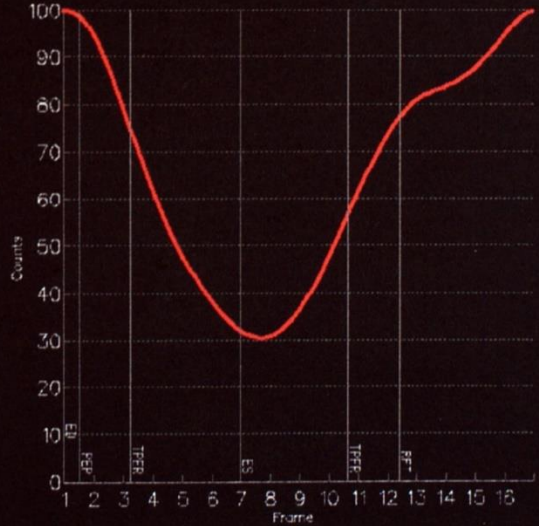
Automatic

LVEF: 70 %
 BKG : 58 cts/pixel
 PEP : 25 ms
 PER : 508 %SV/s (3.56 EDV/s) at 116 ms
 PFR : 392 %SV/s (2.75 EDV/s) at 188 ms
 RFT : 278 ms
 ED : 0 ms (fr 1, 223 kCts in LV)
 ES : 311 ms (fr 7, 222 kCts in LV)

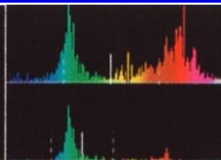
Sectorial Ejection Fraction with Normals



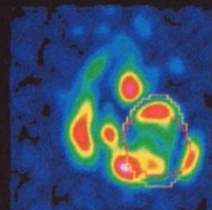
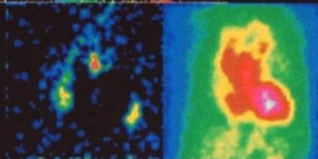
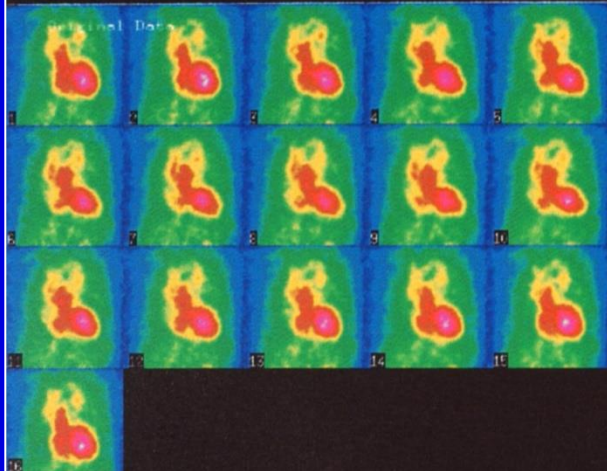
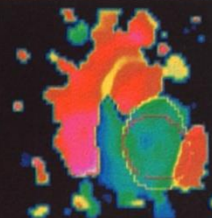
Background corrected THC



Name : ██████████
 Patient ID : ██████████
 Birth Date : 41-???-1941
 Dataset : LAO -(A)W0
 Acq Date : 19-Nov-2001
 Institute :



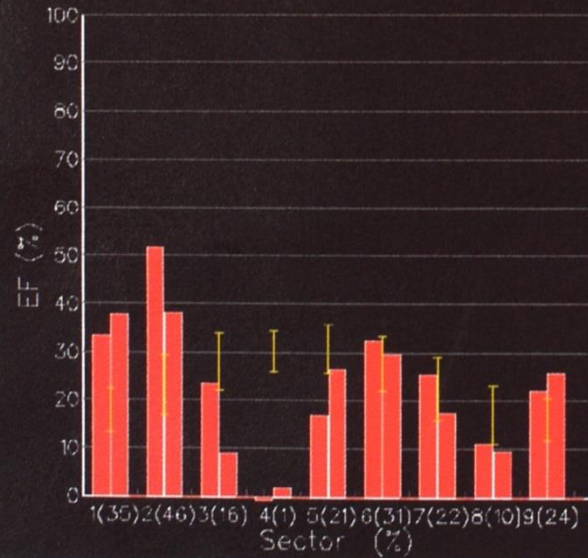
Std: 77.8
 Avg : 170.7
 LV+RV
 Std: 50.7
 Avg : 124.0
 LV



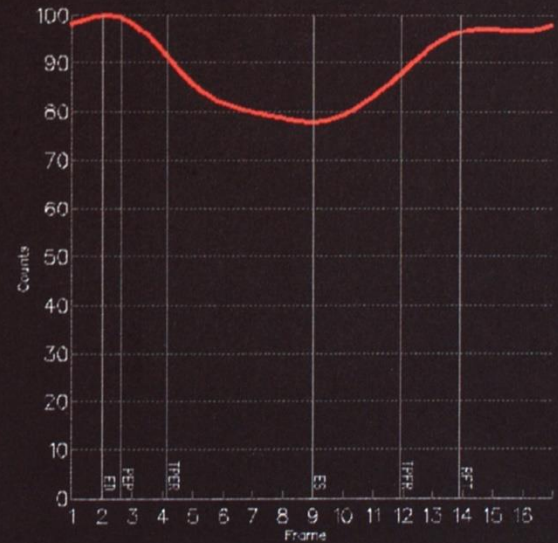
Automatic

LVEF: 24 %
 BKG : 69 cts/pixel
 PEP : 32 ms
 PER : 619 %SV/s (1.48 EDV/s) at 111 ms
 PFR : 473 %SV/s (1.13 EDV/s) at 150 ms
 RFT : 255 ms
 ED : 52 ms (fr 2, 300 kCts in LV)
 ES : 420 ms (fr 9, 299 kCts in LV)

Sectorial Ejection Fraction with Normals



Background corrected TAC



ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΣΠΙΝΘΗΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΜΥΟΚΑΡΔΙΑΚΗΣ ΑΙΜΑΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΡΑΔΙΟΪΣΟΤΟΠΙΚΗΣ ΚΟΙΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΣΤΗ ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΤΗΣ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΑΣ ΝΟΣΟΥ

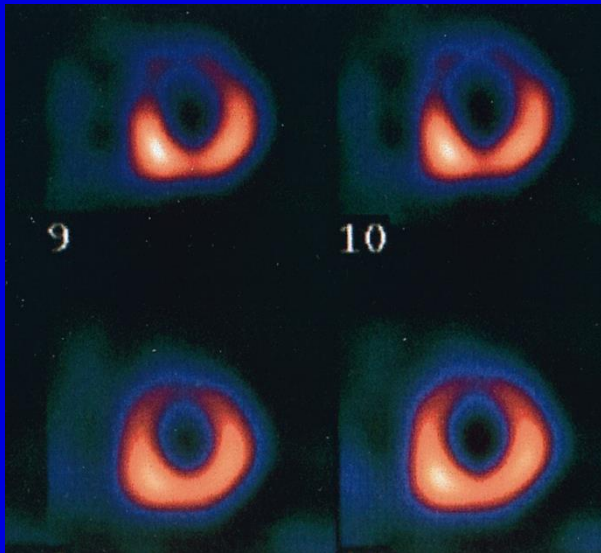
«Gold Standard» η στεφανιαία αγγειογραφία;

- ✓ ...η στεφανιαία αγγειογραφία αποτελεί τη «standard» τεχνική για την εκτίμηση της ανατομίας των επικάρδιων στεφανιαίων αγγείων (ανατομική εξέταση), ενώ το σπινθηρογράφημα τη «standard» τεχνική για την εκτίμηση της μυοκαρδιακής «διάχυσης» (λειτουργική εξέταση)...
- ✓ ...απόλυτη ακρίβεια του σπινθηρογραφήματος να προβλέψει τα στεφανιογραφικά ευρήματα ούτε αναμένεται ούτε θεωρείται κλινικά απαραίτητη...
- ✓ ...ασυμφωνία στεφανιογραφίας και σπινθηρογραφήματος δεν συνεπάγεται αυτόματα αποτυχία της μίας ή της άλλης μεθόδου...
- ✓ ...ωστόσο «λειτουργικά tests» όπως το σπινθηρογράφημα συγκρίνονται κατά κανόνα με τη στεφανιογραφία...

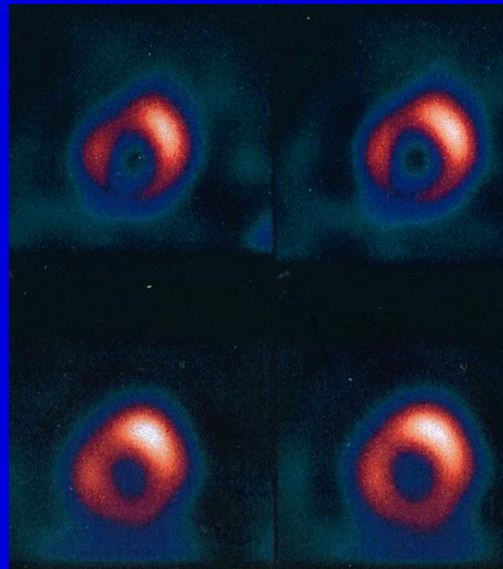
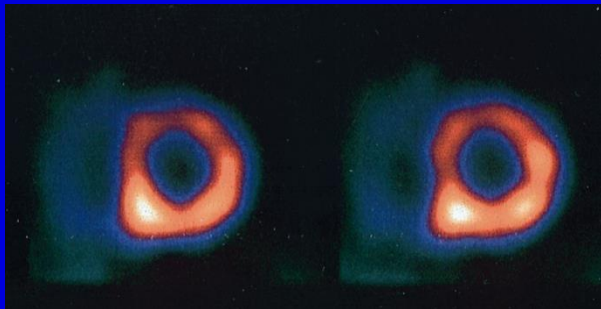
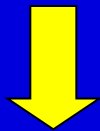
Παράγοντες που επιδρούν στη διαγνωστική αξία του σπινθηρογραφήματος

- το είδος και ο βαθμός άσκησης ή φαρμακολογικής φόρτισης
- η διακοπή ή μη της φαρμακευτικής αγωγής
- η βαρύτητα και η έκταση της στεφανιαίας νόσου (νόσος ενός ή περισσότερων αγγείων, βαθμός στένωσης)
- το ιστορικό εμφράγματος του μυοκαρδίου
- το όριο της «κρίσιμης» στένωσης (συνήθως 50% ή 70%)
- η λήψη «planar» ή «SPECT» σπινθηρογραφήματος, η εφαρμογή ποιοτικής ή και ημιποσοτικής εκτίμησης, τεχνικής «gated - tomo», διόρθωσης της μελέτης για πιθανή κίνηση του εξεταζομένου και για την εξασθένιση της ακτινοβολίας, η παρουσία «artefacts» κλπ
- η εμπειρία των παρατηρητών
- η πιθανότητα «biases» κατά την επιλογή των ασθενών (προ της εξέτασης πιθανότητα της νόσου) και την αξιολόγηση των εξετάσεων

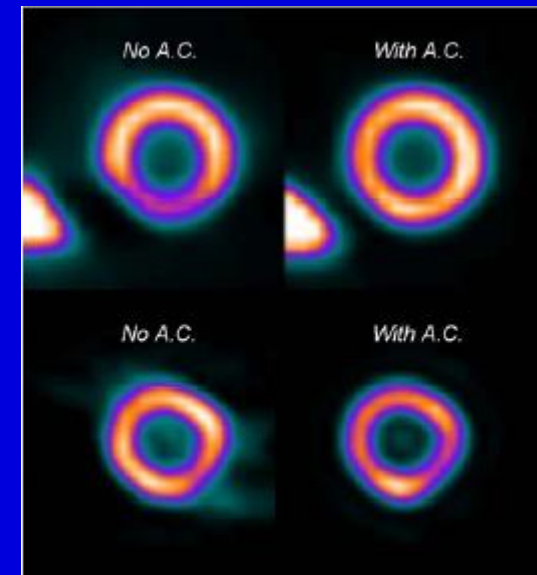
ATTENUATION / SCATTER CORRECTION



Attenuation Correction



Attenuation Correction

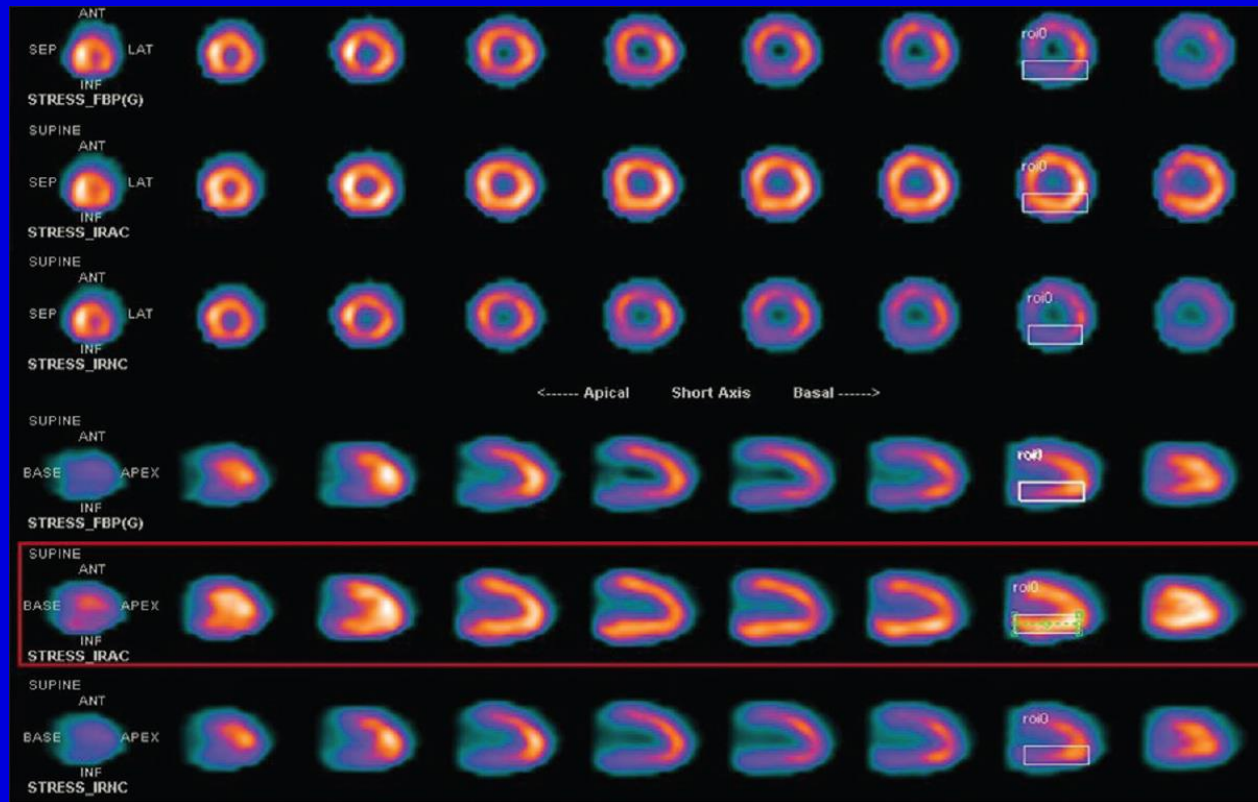


ATTENUATION CORRECTION

FBP: filtered back projection

IRAC: iterative reconstruction attenuation correction (CT-based AC)

IRNC: iterative reconstruction non-attenuation correction (CT-based nonAC)



Source:

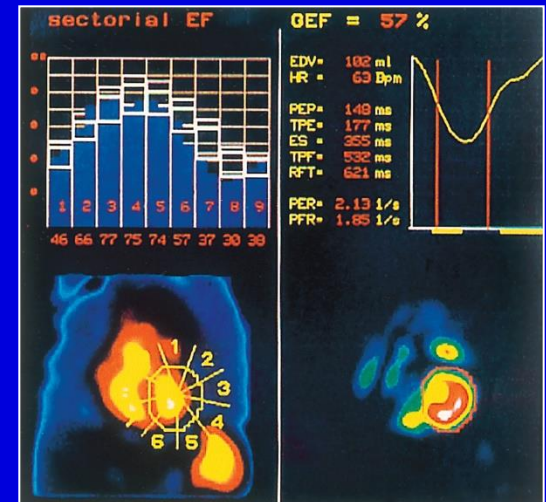
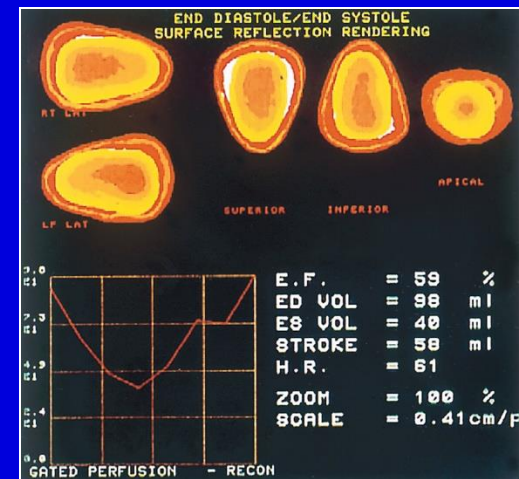
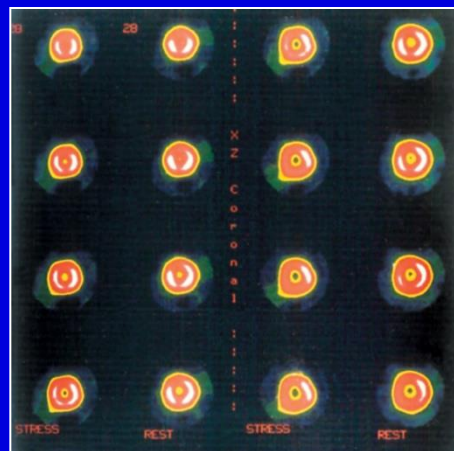
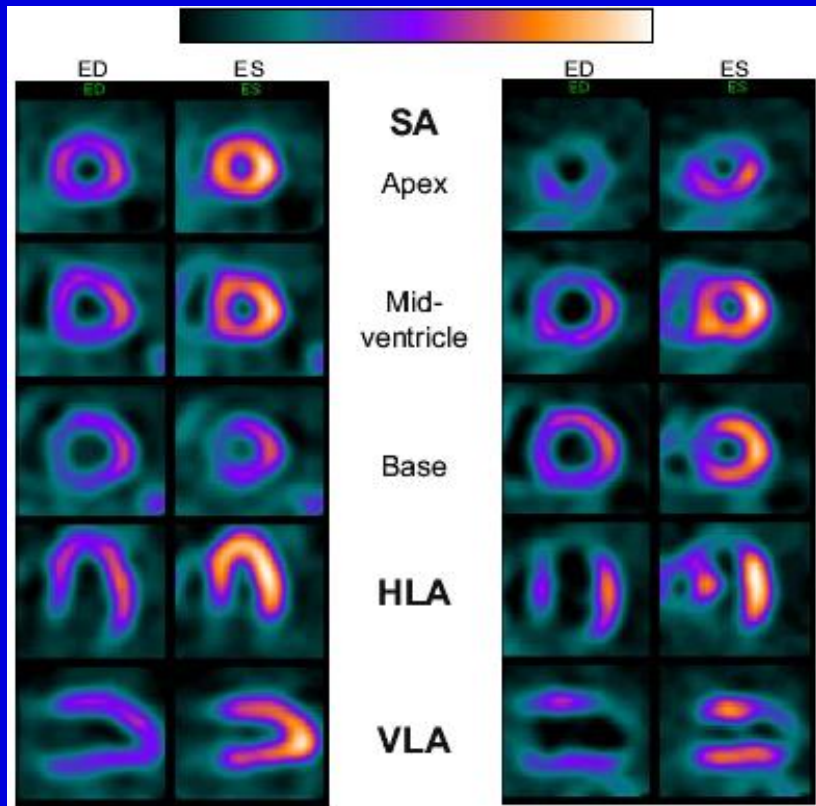
Tamam M, et al.

The value of attenuation correction in hybrid cardiac SPECT/CT on inferior wall according to body mass index.

World J Nucl Med 2016;15:18-23.

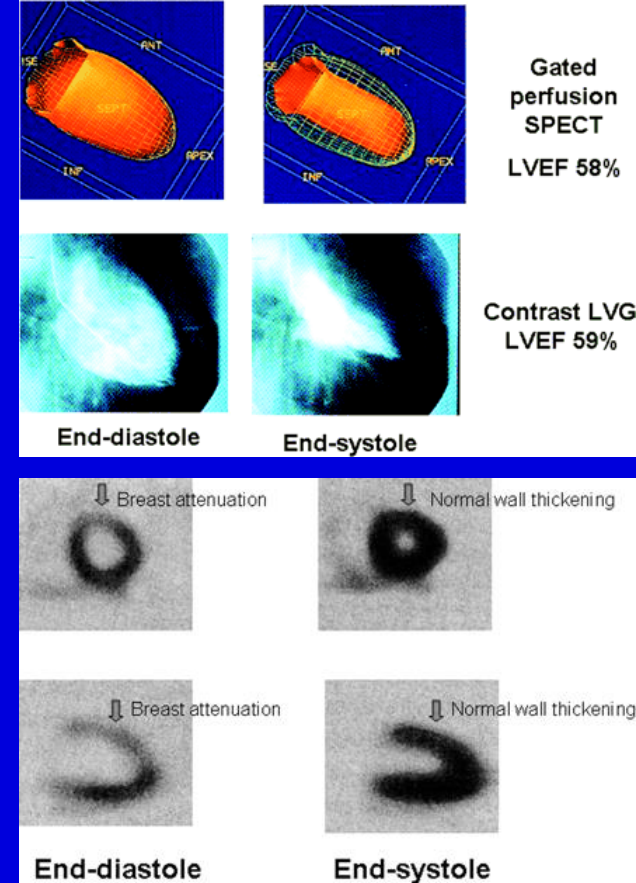
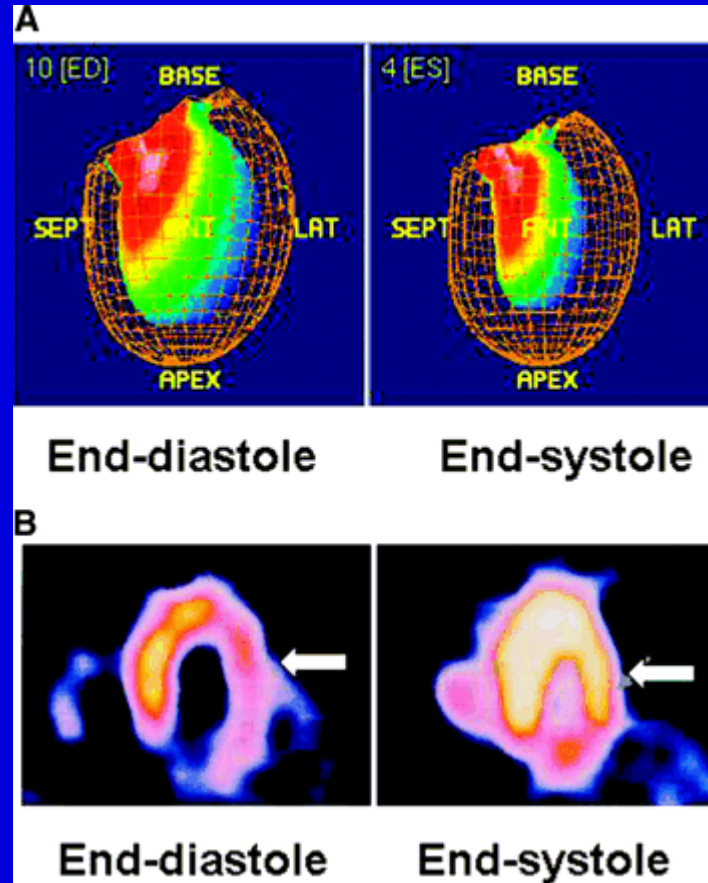
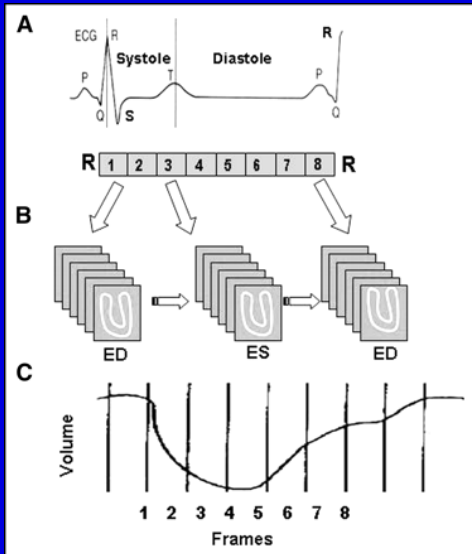
CC BY-NC-SA 3.0

GATED - SPECT



EANM/ESC guidelines EJNM 32:855, 2005

GATED - SPECT



Source:

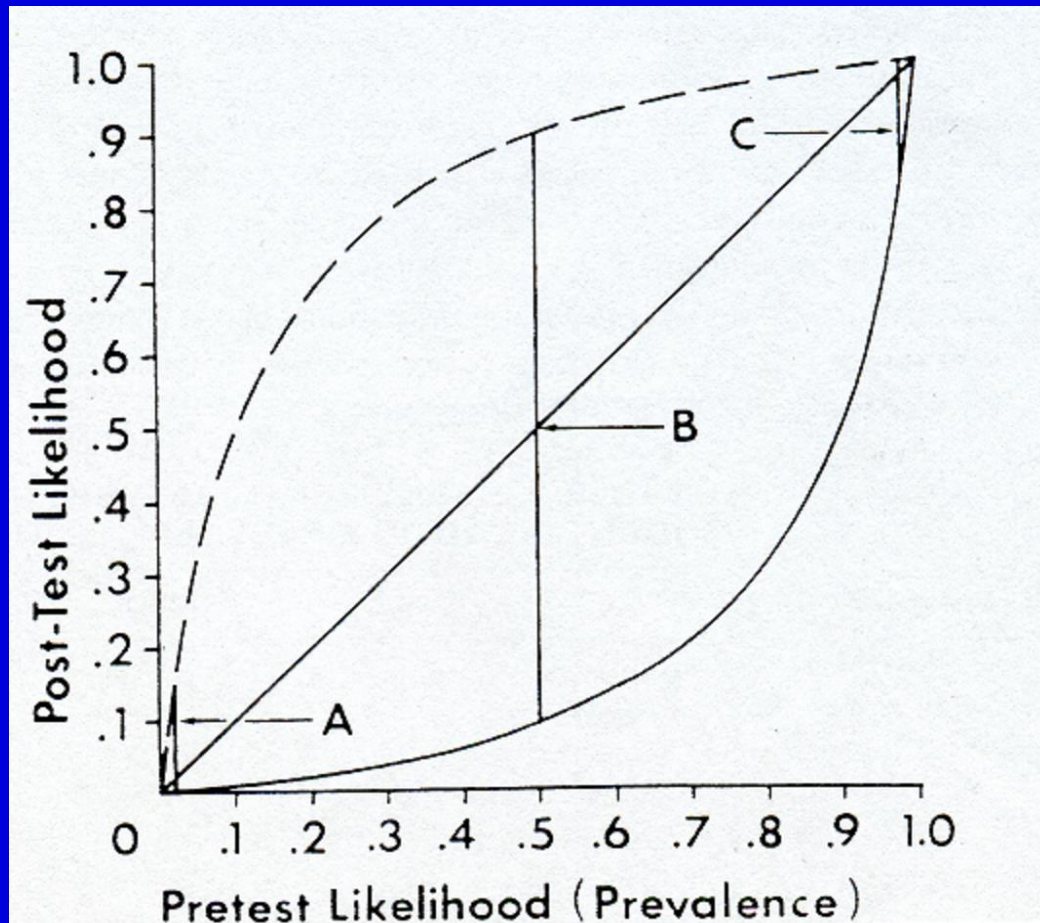
Paul AK, Nabi HA.

Gated Myocardial Perfusion SPECT: Basic Principles, Technical Aspects, and Clinical Applications.

J. Nucl. Med. Technol. 2004; 32(4):179-187.

ΘΕΩΡΗΜΑ BAYES

Η πιθανότητα νόσου μετά την εφαρμογή αντίστοιχης διαγνωστικής εξέτασης, δεν εξαρτάται μόνο από την ευαισθησία και την ειδικότητα της μεθόδου, αλλά και από τον επιπολασμό της νόσου στον πληθυσμό που εξετάζεται.



«Planar» (δύο διαστάσεων) σπινθηρογράφημα

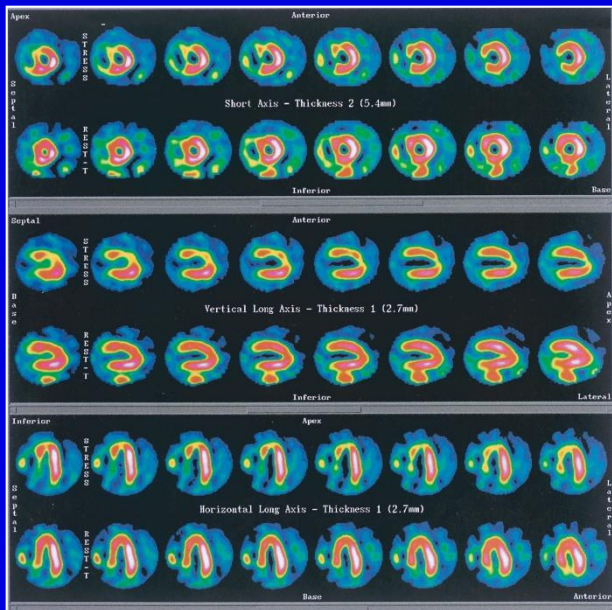
- Διάγνωση γενικά της στεφανιαίας νόσου
 - ευαισθησία: 82–91%, ειδικότητα: 88–90%.
 - Διάγνωση της νόσου των επιμέρους στεφανιαίων αγγείων
 - ευαισθησία: 69–77% για τον πρόσθιο κατιόντα, 37–50% για την περισπωμένη και 65–91% για τη δεξιά στεφανιαία.
 - ειδικότητα: 74–94% για τον πρόσθιο κατιόντα, 85–95% για την περισπωμένη και 59–85% για τη δεξιά στεφανιαία.

«SPECT» (τομογραφικό) σπινθηρογράφημα

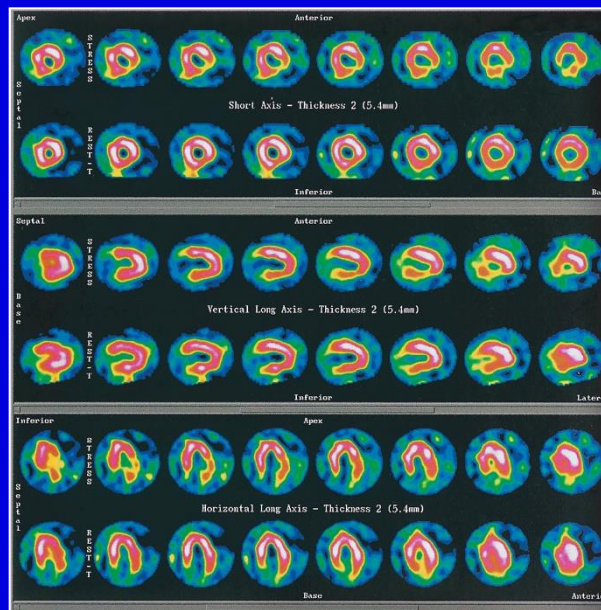
- Διάγνωση γενικά της στεφανιαίας νόσου
- ευαισθησία: 75–100%, ειδικότητα: 77–100%.
- Διάγνωση της νόσου των επιμέρους στεφανιαίων αγγείων
- ευαισθησία: 75–92% για τον πρόσθιο κατιόντα, 50–72% για την περισπωμένη και 60–84% για τη δεξιά στεφανιαία.
- ειδικότητα: 83–86% για τον πρόσθιο κατιόντα, 84–100% για την περισπωμένη και 60–84% για τη δεξιά στεφανιαία.

Διάγνωση της στένωσης των κύριων στεφανιαίων αγγείων

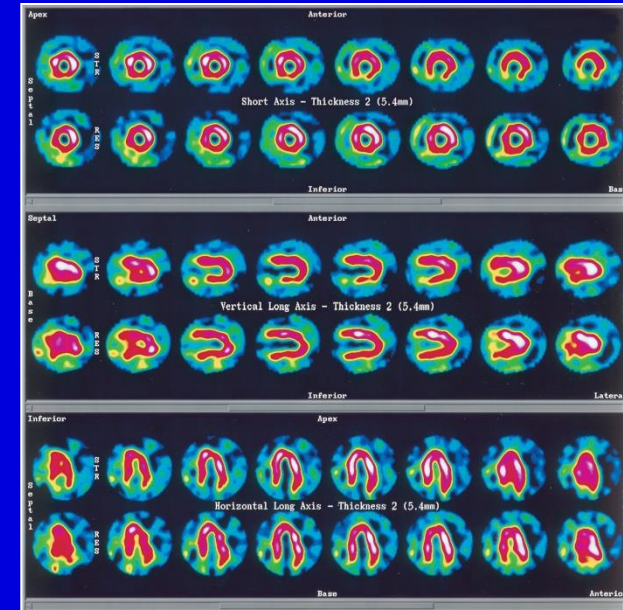
- ευαισθησία: 80% για τον πρόσθιο κατιόντα, 72% για την περισπωμένη και 88% για τη δεξιά στεφανιαία αρτηρία
- ειδικότητα: 86% για τον πρόσθιο κατιόντα, 94% για την περισπωμένη και 84% για τη δεξιά στεφανιαία αρτηρία



LAD



LCX

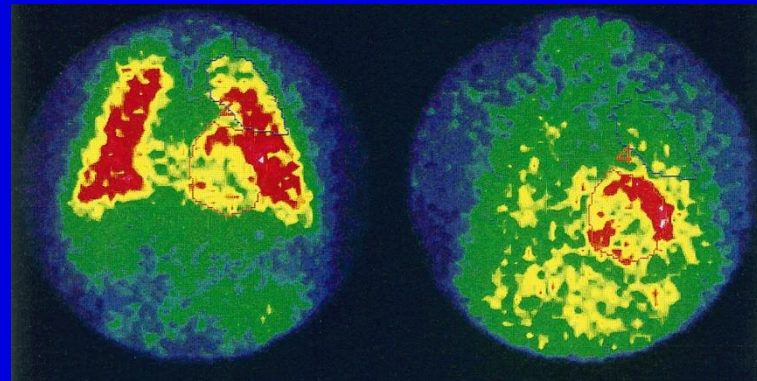
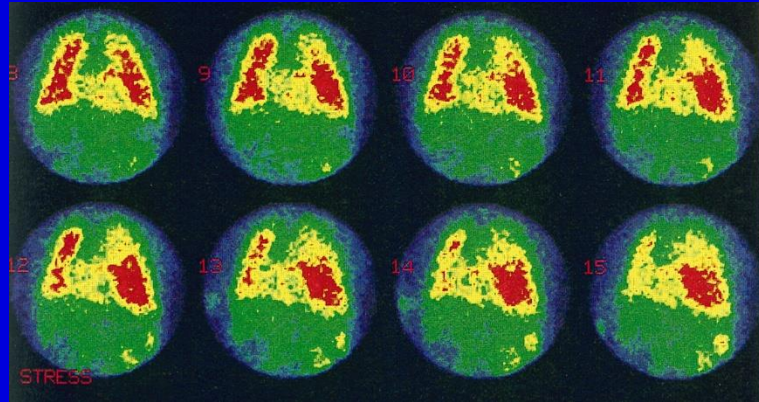
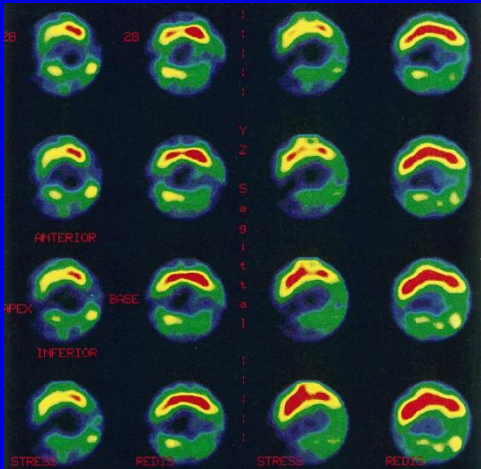
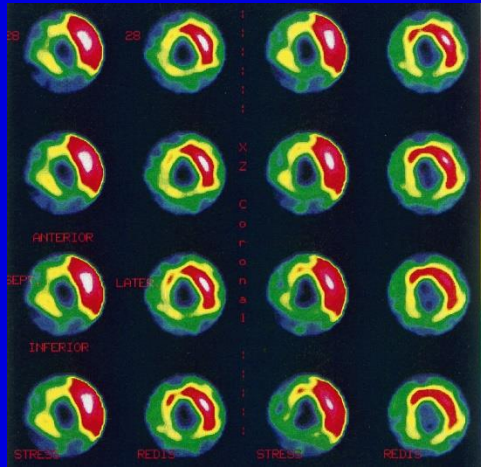
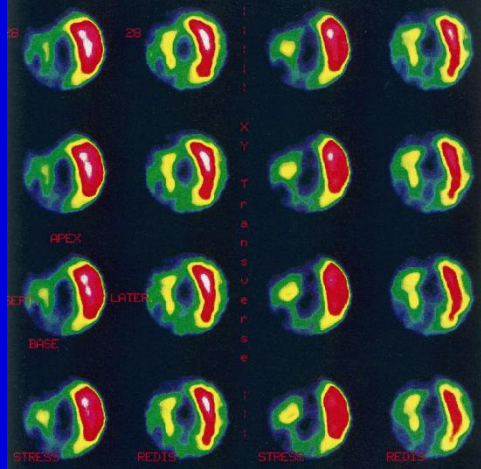


RCA

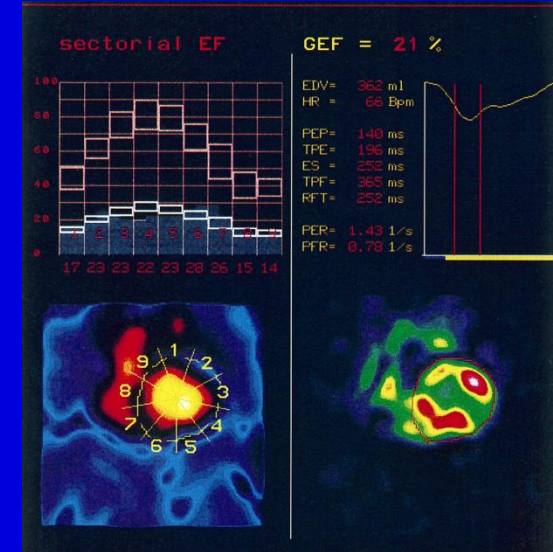
ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΑΣ ΝΟΣΟΥ ΜΕ «SPECT» ΣΠΙΝΘΗΡΟΓΡΑΦΗΜΑ

- **sens. \approx 90%, spec. \approx 87%, norm. \approx 90%, acc. \approx 89%** (καλής ποιότητας μελέτες). Test κοπώσεως: sens. \approx 68%, spec. \approx 77%.
- **Παρόμοια αποτελέσματα** και για τα τρία κύρια ρ/φ (ελαφρώς καλύτερη ειδικότητα των ρ/φ του ^{99m}Tc), καθώς και για τα διάφορα είδη κόπωσης/φόρτισης.
- **Βελτίωση της διαγνωστικής αξίας του σπινθηρογραφήματος** (κυρίως της ειδικότητας και του «normalcy rate» έως και 17%) με την εφαρμογή gated-tomo, motion correction και attenuation/scatter correction.
- **Σπινθηρογραφικά ευρήματα υψηλού κινδύνου:**
 - ✓ μεγάλου μεγέθους ($>20\%$) -σημαντικού βαθμού, πολλαπλά αναστρέψιμα ελλείμματα ιδίως όταν εντοπίζονται στην κατανομή περισσότερων από ένα αγγείων
 - ✓ υψηλή συγκέντρωση του ρ/φ στους πνεύμονες
 - ✓ παροδική διάταση της αριστεράς κοιλίας (κατά την κόπωση / φόρτιση)
 - ✓ παροδική απεικόνιση της δεξιάς κοιλίας (κατά την κόπωση/φόρτιση)
 - ✓ παθολογικό LVEF στο σπινθ/μα ηρεμίας ή παθολογικό LVEF στο σπινθ/μα μετά την άσκηση και φυσιολογικό στην ηρεμία (gated-tomo μελέτες)
 - ✓ διάχυτα χαμηλός ρυθμός «έκπλυσης» του ^{201}Tl από το μυοκάρδιο
- **Σημαντικότερα δεδομένα για την πρόγνωση/διαβάθμιση κινδύνου των ασθενών**

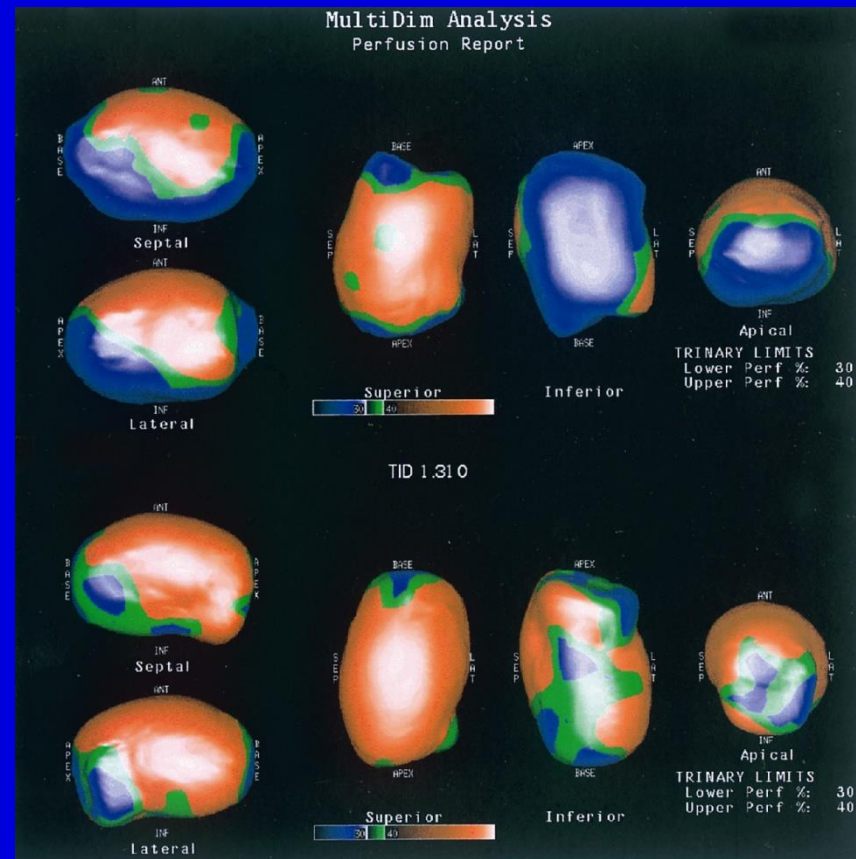
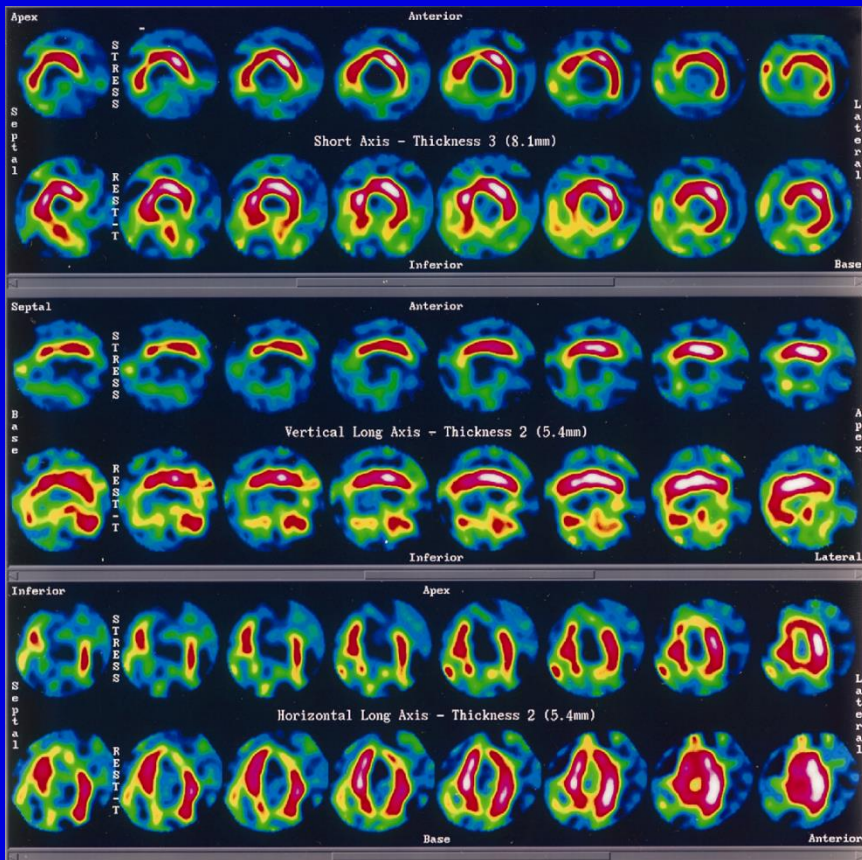
ΑΥΞΗΜΕΝΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΤΟΥ Ρ/Φ ΣΤΟΥΣ ΠΝΕΥΜΟΝΕΣ



STRESS 0.973 REST 0.631
($\phi.T. < 0.520$)



ΠΑΡΟΔΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΗΣ ΑΡΙΣΤΕΡΑΣ ΚΟΙΛΙΑΣ

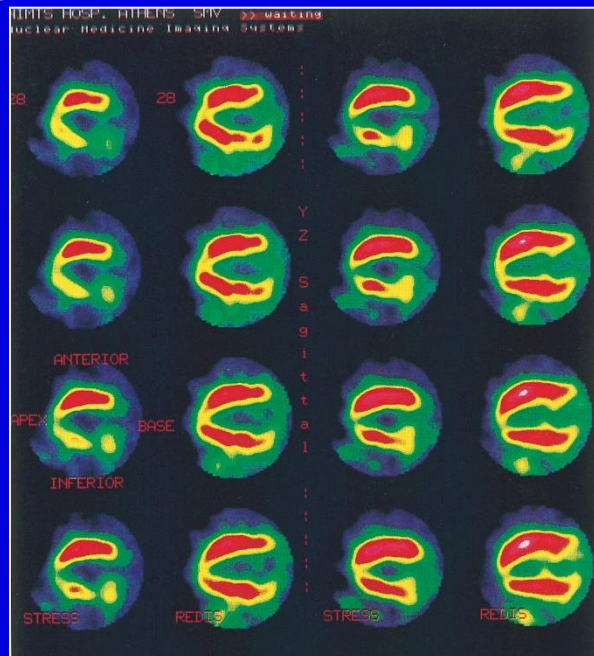
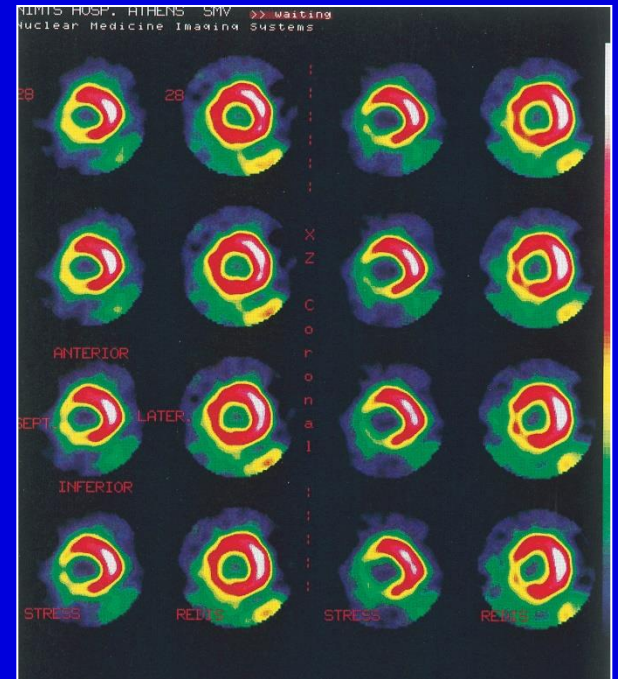
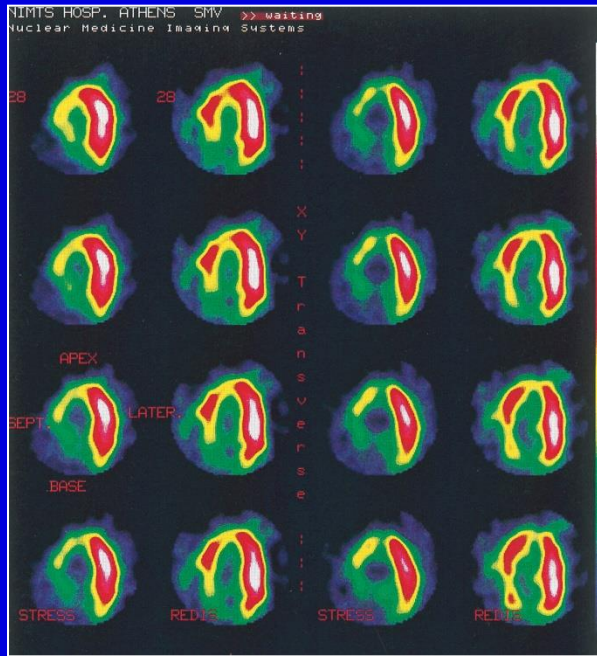


TID 1.310 ($\phi.T. \leq 1.200$)

Αίτια ψευδώς θετικών σπινθηρογραφημάτων

- Κακή ποιότητα και ερμηνεία των εικόνων (ειδικά σε παχύσαρκους ή σε ασθενείς με ευμεγέθεις μαστούς – gated-tomo, attenuation/scatter correction).
- Κίνηση του ασθενή κατά τη διάρκεια της μελέτης (motion correction).
- «Upward creep» φαινόμενο (αναμονή 5-10 min πριν την έναρξη της μελέτης).
- LBWB, βηματοδότης (φαρμακολογική δοκιμασία με διπυριδαμόλη ή αδενοσίνη).
- Υπερτροφία αριστεράς κοιλίας – Μυοκαρδιοπάθεια (?) (υπερτροφική – φαρμακολογική δοκιμασία με διπυριδαμόλη ή αδενοσίνη), μυοκαρδίτιδα, σαρκοείδωση, αμυλοείδωση, τοξικές μυοκαρδιοπάθειες, κλπ.

LBBB



Αίτια ψευδώς αρνητικών σπινθηρογραφημάτων

- Κακή ποιότητα και ερμηνεία των εικόνων.
- Μη ικανοποιητική κόπωση – μη διακοπή της φαρμακευτικής αγωγής.
- Καθυστέρηση στη χορήγηση του ραδιοφαρμάκου.
- Καθυστέρηση στην έναρξη της μελέτης κόπωσης (^{201}Tl ή $^{99\text{m}}\text{Tc-teboroxime}$).

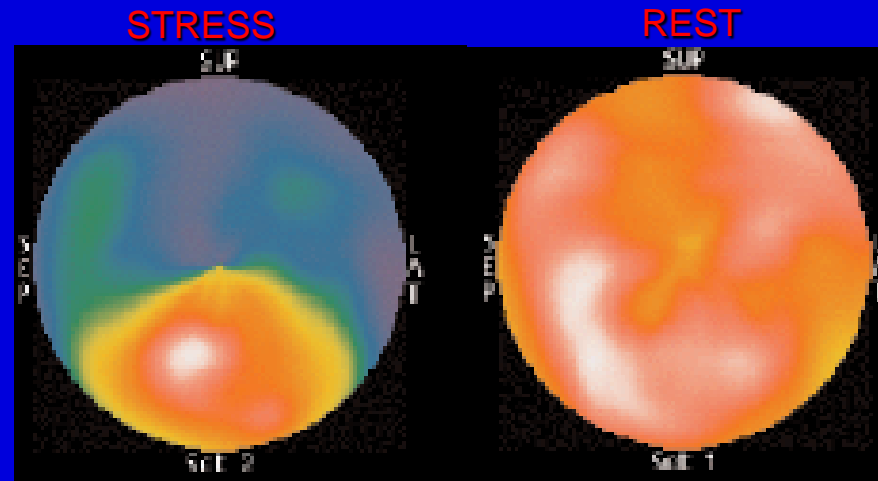
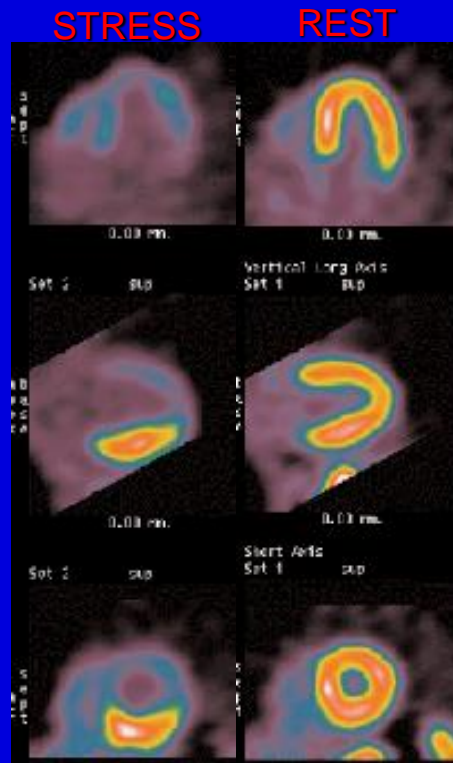
Καταστάσεις ασυμφωνίας μεταξύ σπινθηρογραφήματος του μυοκαρδίου και στεφανιογραφίας

- Νόσος μικρών αγγείων.
- Στένωση <50% του αυλού.
- Στένωση μικρού αγγείου ή δευτερεύοντος κλάδου.
- Ανάπτυξη παράπλευρης κυκλοφορίας.
- Σπασμός στεφανιαίου αγγείου.
- Σημαντικού βαθμού βαλβιδοπάθεια (κυρίως στένωση αορτικής βαλβίδας, πρόπτωση μιτροειδούς).
- Δίοδος στεφανιαίου αγγείου μέσω μυϊκών δεσμίδων.
- Υπερτροφία αριστεράς κοιλίας / Μυοκαρδιοπάθεια (?)
- Υποεκτίμηση ή υπερεκτίμηση των στεφανιογραφικών ευρημάτων.

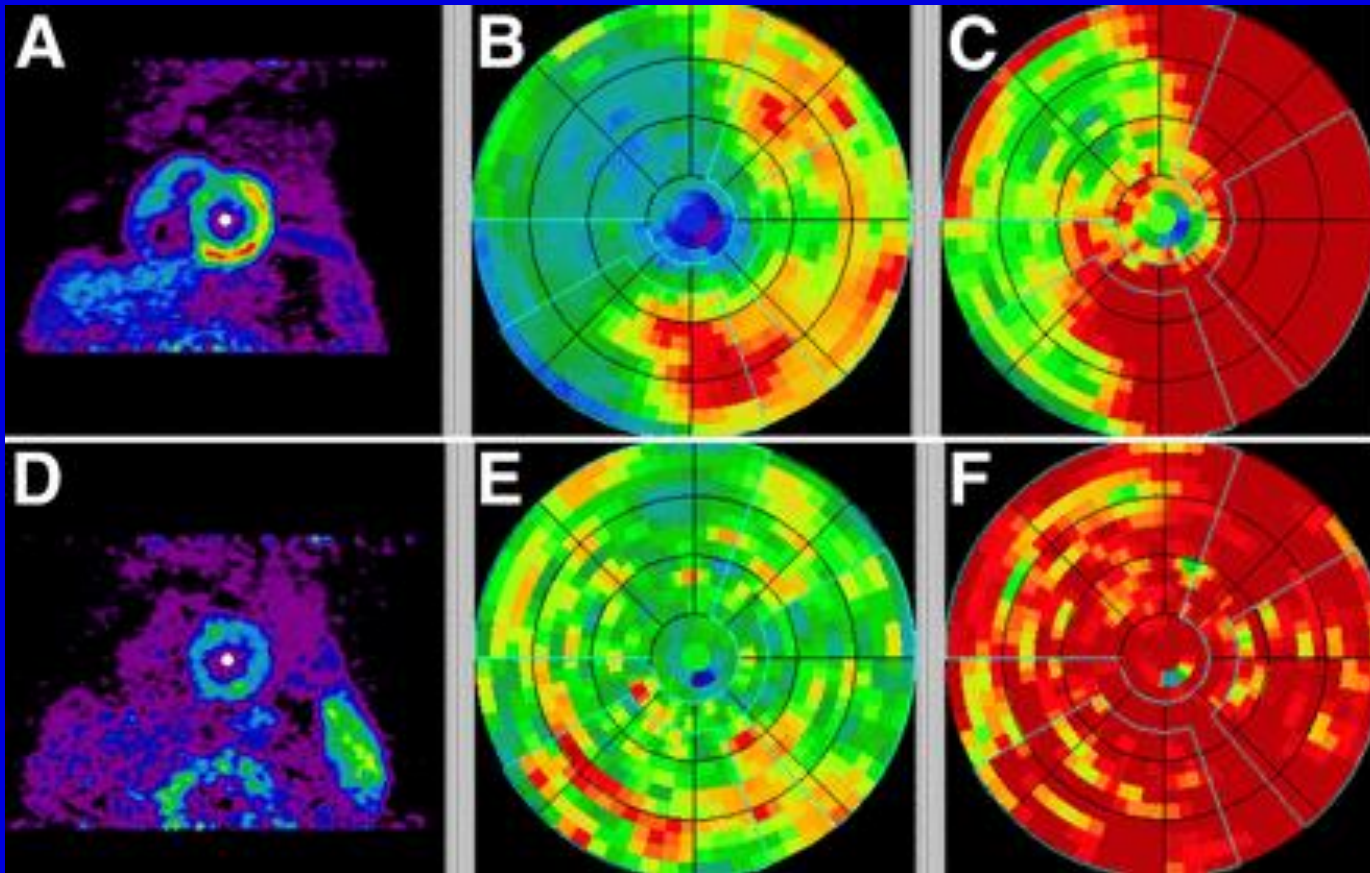
ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΤΗΣ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΑΣ ΝΟΣΟΥ ΜΕ «PET» ΣΠΙΝΘΗΡΟΓΡΑΦΗΜΑ

- **sens. \approx 90%, spec. \approx 86%, norm. \approx 90%, acc \approx 92%.**
- Συνδυασμός με φαρμακολογικές δοκιμασίες (μικρός χρόνος υποδιπλασιασμού των ισοτόπων).
- Ελαφρώς καλύτερη διαγνωστική αξία της PET σε σύγκριση με τη SPECT λόγω καλύτερων φυσικών χαρακτηριστικών των ραδιοφαρμάκων – καλύτερης διακριτικής ικανότητας της PET camera (λίγες συγκριτικές μελέτες SPECT/PET – απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση). Πιθανώς υπερτερεί της SPECT σε παχύσαρκους ασθενείς.

ΝΟΣΟΣ
ΣΤΕΛΕΧΟΥΣ



ACC/AHA/ASNC Guidelines, 2003



(A-C) Stress images
 (D-F) Rest images

**Ισχαμία,
 κυρίως στην περιοχή
 κατανομής του LAD**

(A, D) Early summed images
 Reoriented into short-axis
 views

(B, E) Polar maps

(C, F) Normalized maps on
 the basis of averages of
 healthy subjects

Source:
 Packard RRS, et al.
 Absolute Quantitation of Myocardial Blood Flow in Human Subjects With or Without Myocardial Ischemia Using
 Dynamic Flurpiridaz F 18 PET
 J Nucl Med September 1, 2014 vol. 55 no. 9 1438-1444

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΣΠΙΝΘΗΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΕΣ ΟΜΑΔΕΣ ΑΣΘΕΝΩΝ

- ✓ **Γυναίκες:** η διαγνωστική αξία του σπινθηρογραφήματος (προτιμώνται ρ/φ τεχνητίου) είναι αντίστοιχη με εκείνη στον ανδρικό πληθυσμό (μέτρια ακρίβεια της δοκιμασίας κοπώσεως).
- ✓ **Διαβητικοί:** παρόμοια ευαισθησία, ειδικότητα και «normalcy rate» του σπινθηρογραφήματος σε διαβητικούς και μη διαβητικούς ασθενείς (συχνά εφαρμόζονται φαρμακολογικές δοκιμασίες) – ανίχνευση «σιωπηρής» ισχαιμίας.
- ✓ **LBBB – Βηματοδότες:** ο συνδυασμός σπινθηρογραφήματος με φαρμακολογική δοκιμασία (αδενοσίνη ή διπυριδαμόλη) έχει ειδικότητα και ακρίβεια που φτάνουν στο 83% και 93% αντίστοιχα.
- ✓ **Υπερτροφία αριστεράς κοιλίας:** η ευαισθησία και η ειδικότητα του σπινθηρογραφήματος φτάνουν στο 84% και 82% αντίστοιχα (δεν έχει αποδειχθεί σημαντική διαφορά συγκριτικά με τους ασθενείς χωρίς υπερτροφία αν και έχει αναφερθεί αυξημένη συχνότητα ψευδώς θετικών μελετών).
- ✓ **Υπερτροφική μυοκαρδιοπάθεια:** μέτρια η διαγνωστική αξία του σπινθηρογραφήματος (στο 50% των ασθενών με φυσιολογικά στεφανιαία αγγεία παρατηρούνται ελλείμματα στο σπινθηρογράφημα – **Class IIb**, level of evidence B).
- ✓ **Αντιστηθαγχική αγωγή:** μειώνει την ευαισθησία και την ηρν της μεθόδου – μικρότερη η επίπτωση της αγωγής όταν εφαρμόζεται δοκιμασία με διπυριδαμόλη ή αδενοσίνη.
- ✓ **Ηλικιωμένοι:** το σπινθηρογράφημα διατηρεί τη διαγνωστική του αξία - συχνά αναγκαία η εφαρμογή φαρμακολογικών δοκιμασιών.
- ✓ **Μη ειδικές διαταραχές του ST-T (WPW, δακτυλίτιδα κλπ):** ικανοποιητική η εφαρμογή του σπινθηρογραφήματος - έχουν αναφερθεί ψευδώς θετικές μελέτες σε ασθενείς με WPW. Πιθανώς υπερτερεί ο συνδυασμός σπινθηρογραφήματος με χορήγηση αδενοσίνης ή διπυριδαμόλης.

- ✓ **Φυσιολογικό ΗΚΓ ηρεμίας - αδυναμία άσκησης:** η διαγνωστική αξία του σπινθηρογραφήματος σε συνδυασμό με φαρμακολογική φόρτιση είναι ανάλογη του σπινθηρογραφήματος με κόπωση.
- ✓ **Παχύσαρκοι:** συνιστάται η χορήγηση ρ/φ επισημασμένων με τεχνητό σε συνδυασμό με gated – tomo ανάλυση και attenuation/scatter correction (ευαισθησία 82%, ειδικότητα 76%, ακρίβεια 80%).
- ✓ **Φυλετικοί παράγοντες:** η διαγνωστική αξία του σπινθηρογραφήματος δεν φαίνεται να επηρεάζεται από τη φυλετική προέλευση των ασθενών.
- ✓ **Επαναγγείωση:** σημαντική η λειτουργική αξιολόγηση των στεφανιογραφικών ευρημάτων (ιδίως σε μέσης βαρύτητας στενώσεις), συχνά χρήσιμη η ύπαρξη εξέτασης αναφοράς. Ικανοποιητική η διαγνωστική αξία του σπινθηρογραφήματος σε ασθενείς μετά από αορτοστεφανιαία παράκαμψη (ευαισθησία 84%, ειδικότητα 80%, ηpn 90%) και αγγειοπλαστική (ευαισθησία 91%, ειδικότητα 78%).
- ✓ **Καρδιακή ανεπάρκεια:** ανίχνευση ασθενών που θα ωφεληθούν από επαναγγείωση (ευαισθησία 100%, ειδικότητα 50%, ηpn 100%) (**Class I**, level of evidence B για την ανίχνευση βιώσιμου μυοκαρδίου – **Class IIa/IIb** level of evidence B/C για την ανίχνευση στεφανιαίας νόσου σε ασθενείς χωρίς στηθάγχη).
- ✓ **Υποψήφιοι για εξωκαρδιακές επεμβάσεις:** εκτίμηση περιεγχειρητικού κινδύνου καρδιακού επεισοδίου (ηpn 98.6%, ηpn 12.9%).
- ✓ **Μετά από μεταμόσχευση καρδιάς:** συχνά ασυμπτωματικοί ασθενείς (ευαισθησία 80%, ειδικότητα 92%, ηpn 98%, ηpn 44% - **Class IIb**, level of evidence B).
- ✓ **Στένωση αορτικής βαλβίδας:** στο 35% των ασθενών συνυπάρχει στεφανιαία νόσος (40 -80% όσων αναφέρουν στηθάγχη, 25% των ασθενών χωρίς στηθαγχικά ενοχλήματα). Ευαισθησία 85 – 91%, ειδικότητα 70 – 77% (εφαρμόζονται συχνά φαρμακολογικές δοκιμασίες – στην κλινική πράξη δεν έχει αντικαταστήσει τον προεγχειρητικό στεφανιογραφικό έλεγχο). Γενικά σε ασθενείς με βαλβιδοπάθεια το σπινθηρογράφημα χαρακτηρίζεται ως **Class IIb**, level of evidence B εξέταση για τη διάγνωση στεφανιαίας νόσου.

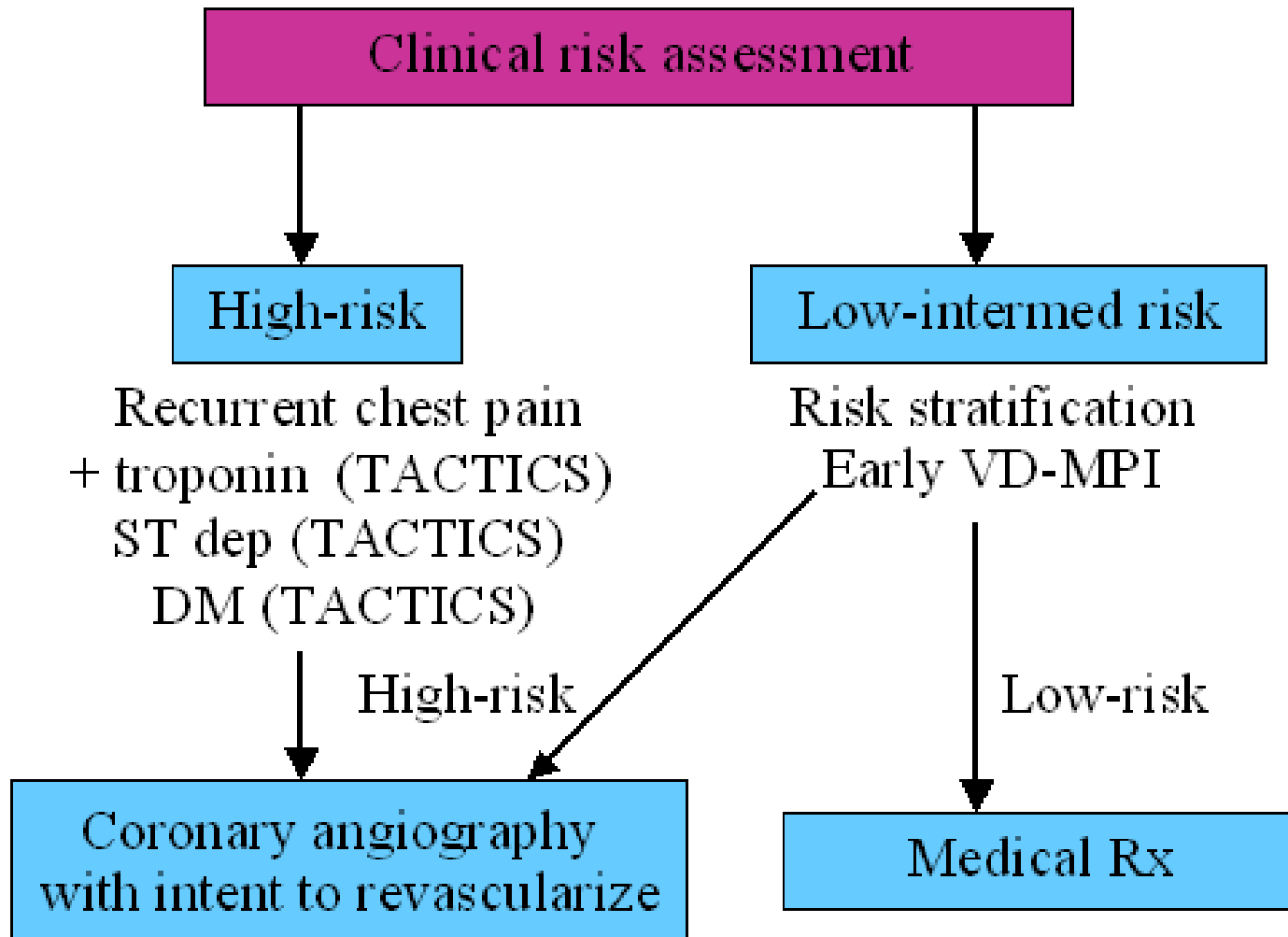
ΟΞΕΑ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΑ ΣΥΝΔΡΟΜΑ

- **σπινθηρογράφημα ηρεμίας:** – χορήγηση του ρ/φ (προτιμώνται ρ/φ επισημασμένα με τεχνητό που δεν επανακατανέμονται) κατά τη διάρκεια του προκάρδιου άλγους (ευαισθησία 96%, ειδικότητα 79%, ρρν 86%, ηρν 99% για την ανίχνευση στεφανιαίας νόσου/ ευαισθησία 35%, ειδικότητα 68% του ΗΚΓτος ηρεμίας – ευαισθησία 92% για την πρώιμη διάγνωση εμφράγματος/ευαισθησία 39% της τροπονίνης I).
 - ✓ Η εφαρμογή του σπινθηρογραφήματος ηρεμίας συνιστάται σε ασθενείς με πιθανό οξύ στεφανιαίο σύνδρομο (ιδίως στους μέσης πιθανότητας για στεφανιαία νόσο - χωρίς ιστορικό εμφράγματος) και μη διαγνωστικό ΗΚΓ ή ένζυμα/δείκτες ορού (**Class I**, level of evidence A).
 - ✓ Ασθενείς με μη διαγνωστικό ΗΚΓ και φυσιολογικά ένζυμα/δείκτες ορού ή με φυσιολογικό σπινθηρογράφημα ηρεμίας, συνιστάται να υποβληθούν την ίδια ημέρα και σε σπινθηρογράφημα κοπώσεως (**Class I**, level of evidence B).
- **μετά το επεισόδιο:** ανίχνευση των στενωμένων αγγείων (ευαισθησία 87%, ειδικότητα 90%).
 - ✓ Εκτίμηση του τελικού μεγέθους της νέκρωσης, του μυοκαρδίου που «διασώθηκε» και του μυοκαρδίου σε «κίνδυνο» (**Class I**, level of evidence B σε ασθενείς μετά από οξύ STEMI ιδίως όταν υποβλήθηκαν σε θρομβόλυση και δεν έχει πραγματοποιηθεί στεφανιογραφία).
 - ✓ Φαρμακολογική δοκιμασία με διπυριδαμόλη ή αδενοσίνη μπορεί να εφαρμοστεί 2 – 5 ημέρες μετά το επεισόδιο, εφόσον οι ασθενείς είναι κλινικά σταθεροί.
 - ✓ Η εφαρμογή gated – SPECT παρέχει επιπλέον στοιχεία για την καρδιακή λειτουργία (LVEF), ενώ βελτιώνει και τη διαγνωστική αξία της μεθόδου.

Ενδείξεις σε ασθενείς με Έμφραγμα Μυοκαρδίου Χωρίς Ανάσπαση του ST/Ασταθή Στηθάγχη (ACC / AHA / ASNC guidelines 2003)

Ενδείξεις	Εξέταση	Class	Level of evidence
Ανίχνευση προκλητής ισχαιμίας στην κατανομή της αρτηρίας με την «ένοχη στένωση» ή και σε άλλες περιοχές, σε ασθενείς μέσου ή χαμηλού κινδύνου για βαριές καρδιακές επιπλοκές	Stress MPI/gated	I	B
Ανίχνευση της βαρύτητας/έκτασης προκλητής ισχαιμίας σε ασθενείς με ικανοποιητική σταθεροποίηση της στηθάγχης με τη φαρμακευτική αγωγή ή σε εκείνους με αβέβαιη διάγνωση	Stress MPI/gated	I	A
Αξιολόγηση της αιμοδυναμικής σημασίας των στενώσεων στα στεφανιαία αγγεία, μετά από στεφανιαία αγγειογραφία	Stress MPI/gated	I	B
Υπολογισμός της λειτουργίας της αριστεράς κοιλίας	RNA ή gated-Stress MPI	I	B
Ανίχνευση της βαρύτητας/έκτασης της νόσου σε ασθενείς με συνεχιζόμενα ύποπτα συμπτώματα ισχαιμίας, όταν οι μεταβολές στο ΗΚΓ είναι μη διαγνωστικές	Rest MPI	IIa	B

Acute Coronary Syndromes (UA/Non-STEMI)



ΡΑΔΙΟΙΣΟΤΟΠΙΚΗ ΚΟΙΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ευαισθησία: 85–90%.
- Ειδικότητα: 80–85%.
- Φυσιολογικά παρατηρείται αύξηση του κλάσματος εξώθησης κατά 5% τουλάχιστον στη μέγιστη άσκηση επί κλίνης (εξαιρούνται ασθενείς ηλικίας άνω των 60 ετών, καθώς και με κλάσμα εξώθησης >65% στην ηρεμία).
- Ασθενείς με στεφανιαία νόσο παρουσιάζουν αδυναμία αύξησης του κλάσματος εξώθησης στην κόπωση ή πτώση του κλάσματος εξώθησης, ανάλογα με τη βαρύτητα της νόσου.
- Ιδιαίτερη σημασία έχουν επίσης οι δείκτες PFR, TPFR, καθώς και ο λόγος του PFR στην κόπωση/την ηρεμία.

ΑΣΤΑΘΗΣ ΣΤΗΘΑΓΧΗ – ΕΜΦΡΑΓΜΑ

Σπινθηρογράφημα Μυοκαρδίου

• Διάγνωση

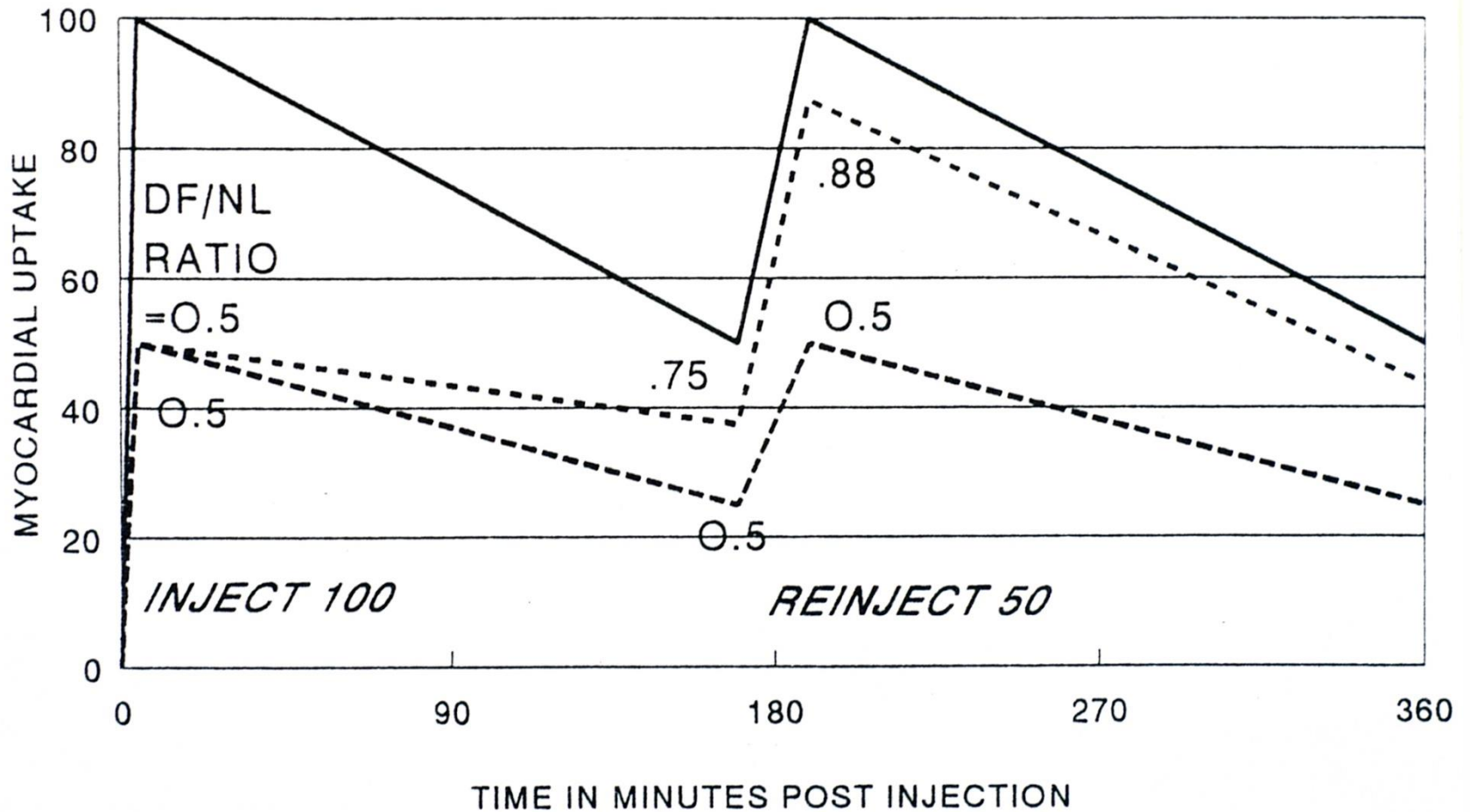
- η αρνητική προγνωστική αξία του σπινθηρογραφήματος στην οξεία φάση είναι 94% (ενώ του ΗΚΓτος 43%).
- η ακρίβεια στην εντόπιση του στενωμένου αγγείου είναι περίπου 88%.
- η επανάληψη της μελέτης μετά την αποδρομή των συμπτωμάτων επιβεβαιώνει τη διάγνωση της ασταθούς στηθάγχης.
- σε έμφραγμα του μυοκαρδίου η συμβολή της μεθόδου στην πρώιμη διάγνωση έχει ιδιαίτερη σημασία σε ειδικές κατηγορίες ασθενών (LBBB, μετά από μυϊκές κακώσεις, μυοσίτιδα, πνευμονική εμβολή, ηπατοπάθεια).
- εκτίμηση του μεγέθους της νέκρωσης σε ασθενείς με έμφραγμα του μυοκαρδίου, καθώς και της αποτελεσματικότητας της θρομβολυτικής αγωγής (^{99m}Tc -sestamibi, παράγωγα της φοσμίνης).

ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΜΥΟΚΑΡΔΙΟΥ

- «**Gold Standard**» οι μελέτες μεταβολισμού με «PET» με ^{18}F FDG και ^{11}C -acetate (σε σύγκριση με μελέτες ροής με $^{13}\text{NH}_3$, H_2^{15}O , ^{82}Rb).
- **Κόπωση / Φόρτιση – Επανακατανομή στις 3 – 4 ώρες μετά τη χορήγηση**
 - 30 – 40% των μόνιμων «ελλειμμάτων» μετά από έμφραγμα περιέχουν βιώσιμο μυοκάρδιο.
 - η μέθοδος υποεκτιμά τη βιωσιμότητα.
 - μόνιμα «ελλείμματα» με μείωση της ραδιενέργειας μέχρι 50% σε σχέση με τις φυσιολογικές περιοχές, έχουν μεγάλη πιθανότητα βιωσιμότητας.
- **Κόπωση / Φόρτιση – Επανακατανομή – Όψιμη Λήψη στις 24 ώρες.**
- **Κόπωση / Φόρτιση – Επανακατανομή – Επαναχορήγηση.**
- **Ηρεμία – Επανακατανομή (ή και Επαναχορήγηση).**
- **Ραδιοφάρμακα Επισημασμένα με $^{99\text{m}}\text{Tc}$**
- Η χορήγηση νιτρωδών φαρμάκων σε συνδυασμό με όλα τα πρωτόκολλα ανίχνευσης της βιωσιμότητας αυξάνει την ευαισθησία.

TL-201 REINJECTION - TRANSIENT ISCHEMIA

— NORMAL - - - ISCHEMIC - - - INFARCT



ΡΑΔΙΟΙΣΟΤΟΠΙΚΗ ΚΟΙΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Διαταραχές της ολικής και περιοχικής κινητικότητας της αριστεράς κοιλίας ανάλογα με την εντόπιση και την έκταση του εμφράγματος.
- Αποκάλυψη ανευρύσματος.
- Η διατήρηση κάποιου βαθμού κινητικότητας, η βελτίωση μετά τη χορήγηση νιτρωδών και η πτώση του περιοχικού κλάσματος εξώθησης στην κόπωση είναι ενδεικτικά βιωσιμότητας.

ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΩΝ ΑΣΘΕΝΩΝ

Σπινθηρογράφημα Μυοκαρδίου

- Αποτελεί την πλέον αξιόπιστη μέθοδο για την πρόγνωση των στεφανιαίων ασθενών (μεγαλύτερη προγνωστική αξία από τα κλινικά δεδομένα, τη δοκιμασία κόπωσης, αλλά και τη στεφανιογραφία).
- Ασθενείς με φυσιολογικό σπινθηρογράφημα μυοκαρδίου σε κόπωση ή φαρμακολογική φόρτιση, έχουν συχνότητα <1% ετησίως θανάτου ή εμφράγματος του μυοκαρδίου, συχνότητα παρόμοια με εκείνη του γενικού πληθυσμού, ακόμη και με παρουσία στενώσεων στα στεφανιαία αγγεία.
- Οι κυριότερες μεταβλητές που έχουν αξιολογηθεί είναι:
 - η παρουσία αναστρέψιμων «ελλειμμάτων».
 - η παρουσία πολλαπλών «ελλειμμάτων».
 - το μέγεθος των «ελλειμμάτων».
 - η αυξημένη πρόσληψη του ραδιοφαρμάκου στους πνεύμονες, ιδίως στην κόπωση (λόγος πρόσληψης πνεύμων / μυοκαρδίου > 0,50 – 0,520). Ανάλογα δεδομένα ισχύουν και για τις φαρμακολογικές δοκιμασίες.
 - η παροδική διάταση της αριστεράς κοιλίας κατά την κόπωση ή τη φαρμακολογική φόρτιση.
- Ιδιαίτερες κατηγορίες ασθενών αποτελούν οι υποψήφιοι για εξωκαρδιακές χειρουργικές επεμβάσεις, καθώς και οι ασθενείς μετά από έμφραγμα του μυοκαρδίου.

ΡΑΔΙΟΙΣΟΤΟΠΙΚΗ ΚΟΙΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ασθενείς με κλάσμα εξώθησης στην κόπωση $>50\%$ θεωρούνται χαμηλού κινδύνου για καρδιακό θάνατο, ενώ ο κίνδυνος αυξάνεται όσο ελαττώνεται το κλάσμα εξώθησης.
- Ασθενείς με κλάσμα εξώθησης στην κόπωση $<30\%$ θεωρούνται υψηλού κινδύνου, ενώ και η πτώση του κλάσματος εξώθησης από την ηρεμία στην κόπωση θεωρείται δυσμενής προγνωστικός παράγοντας.
- Μετεμφραγματικοί ασθενείς με κλάσμα εξώθησης στην κόπωση $<40\%$ (και ιδίως $<30\%$) έχουν αυξημένη πιθανότητα νέου καρδιακού επεισοδίου.
- Η βελτίωση της ολικής και περιοχικής καρδιακής λειτουργίας μετά από θρομβολυτική αγωγή αποτελεί κριτήριο για την επιτυχία της, ενώ η πτώση του κλάσματος εξώθησης (ολικού ή περιοχικού) στην κόπωση μετά τη θρομβόλυση, ανιχνεύει βιώσιμο μυοκάρδιο ευρισκόμενο σε κίνδυνο και αποτελεί κριτήριο για παραπέρα επεμβατική αγωγή.

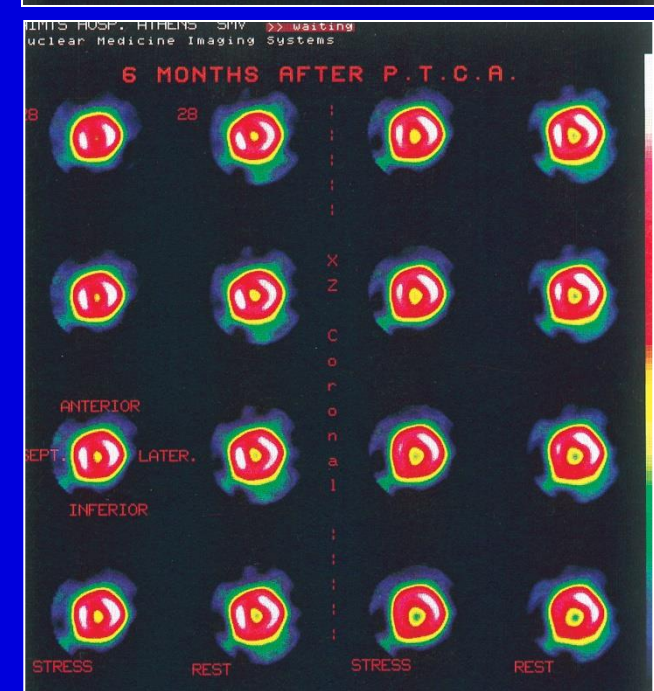
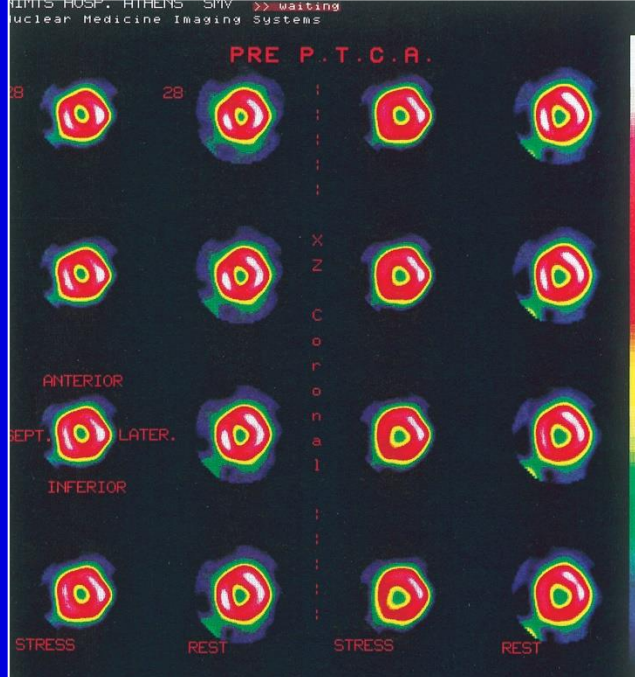
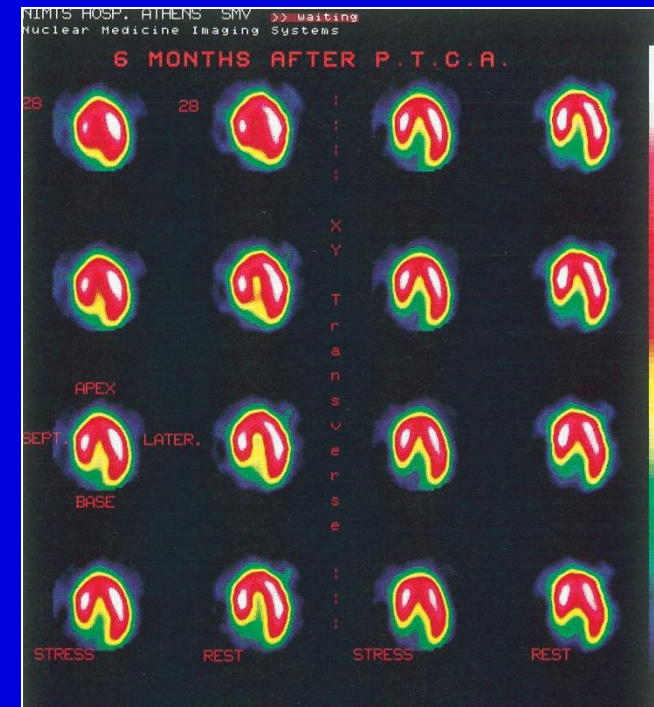
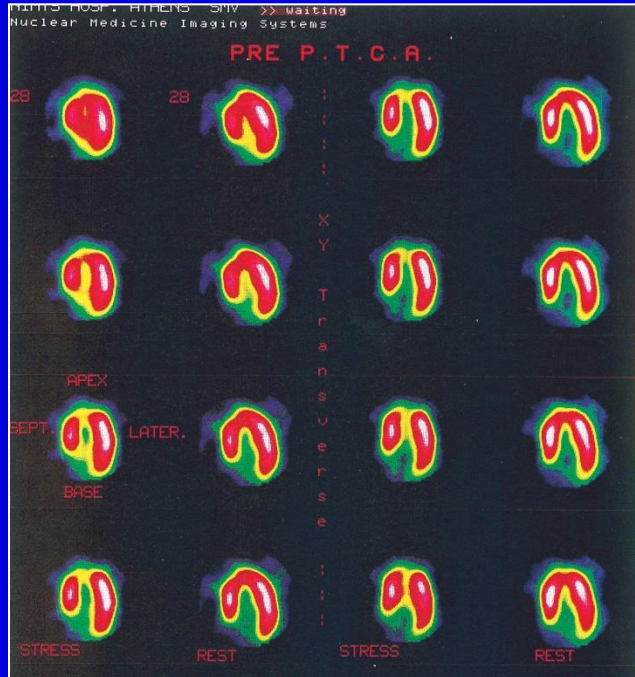
ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΩΝ ΣΤΕΦΑΝΙΑΙΩΝ ΑΣΘΕΝΩΝ

Σπινθηρογράφημα Μυοκαρδίου

- Εκτίμηση συμπτωμάτων μετά από επεμβατική ή συντηρητική αγωγή.
- Συσχέτιση των σπινθηρογραφικών ευρημάτων με τη γνωστή στεφανιαία ανατομία.
- Ιδιαίτερα σημαντική η ύπαρξη σπινθηρογραφήματος «αναφοράς» πριν από την επεμβατική αγωγή.
- Σε ασυμπτωματικούς ασθενείς πραγματοποιείται σπινθηρογράφημα μυοκαρδίου 6 μήνες μετά από αγγειοπλαστική και 5 έτη μετά από «by pass».

Ραδιοϊσοτοπική Κοιλιογραφία

- Η δυνατότητα της ραδιοϊσοτοπικής κοιλιογραφίας (ιδιαίτερα της ισοροπίας) να υπολογίζει με ακρίβεια μικρές διαταραχές της περιοχικής και ολικής καρδιακής λειτουργίας, την καθιστά αξιόπιστη μέθοδο για την τεκμηρίωση και παρακολούθηση της εφαρμοζόμενης φαρμακευτικής ή επεμβατικής αγωγής.



ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΠΙΝΘΗΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ U/S

- Το σπινθηρογράφημα υπερτερεί σε ευαισθησία, ενώ το U/S σε ειδικότητα.
- Το σπινθηρογράφημα υπερτερεί στην ανίχνευση βιώσιμου μυοκαρδίου και στη δ.δ. νεκρωμένου από hibernating ή stunned μυοκάρδιο.
- Το U/S είναι εύχρηστο, οικονομικό, χωρίς ακτινική επιβάρυνση, αλλά εξαρτάται σημαντικότερα από την κατάρτιση και την εμπειρία του γιατρού.
- Δύσκολος ο συνδυασμός U/S με εργομετρική κόπωση.
- Οι υπέρηχοι παρέχουν τη δυνατότητα ταυτόχρονης εκτίμησης της ανατομίας και λειτουργίας του μυοκαρδίου και των βαλβίδων, απεικόνισης του περικαρδίου και των καρδιακών θρόμβων, ενώ τα τελευταία χρόνια είναι εφικτός και ο υπολογισμός της στεφανιαίας αιματικής ροής.

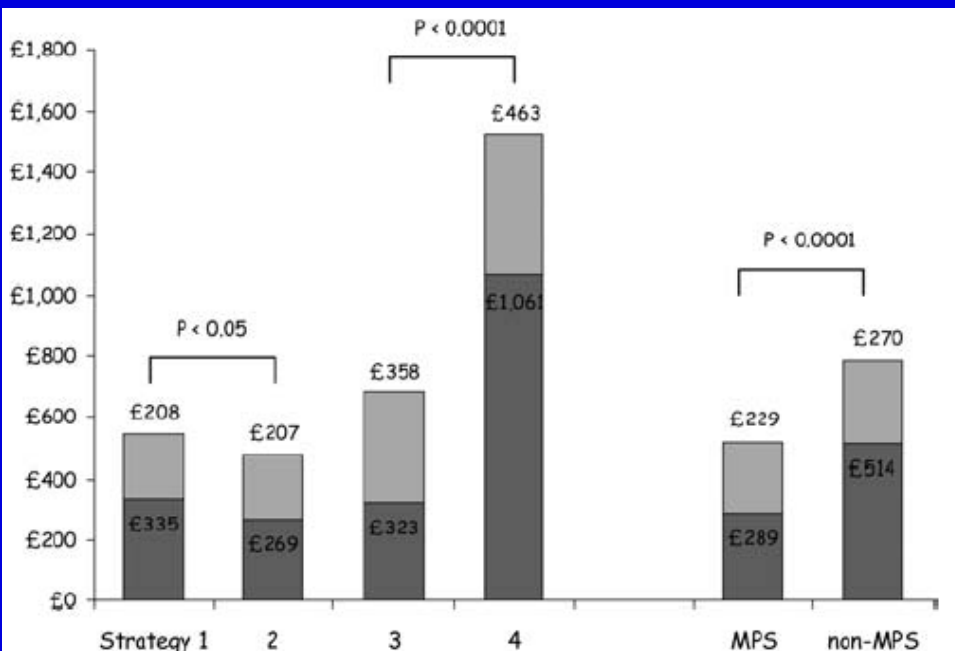
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΠΙΝΘΗΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΜΕ CT ΚΑΙ MRI

- ΛΙΓΕΣ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ
- Γενικά το σπινθηρογράφημα υπερτερεί στην «λειτουργική απεικόνιση του μυοκαρδιακού ιστού», ενώ CT και MRI στην εκτίμηση της ανατομίας και λειτουργίας της καρδιάς και των στεφανιαίων αρτηριών (ευρήματα ανάλογα της στεφανιογραφίας).
- Με τη CT είναι δυνατή η εκτίμηση της αποτιτάνωσης των στεφανιαίων αγγείων (calcium score), στοιχείο που φαίνεται να έχει προγνωστική αξία).
- Μόνο το σπινθηρογράφημα συνδυάζεται με εργομετρική κόπωση.
- Σαφώς μεγαλύτερη τεκμηρίωση της διαγνωστικής και προγνωστικής αξίας του σπινθηρογραφήματος.
- Απουσία αλλεργικών αντιδράσεων στα ραδιοφάρμακα.

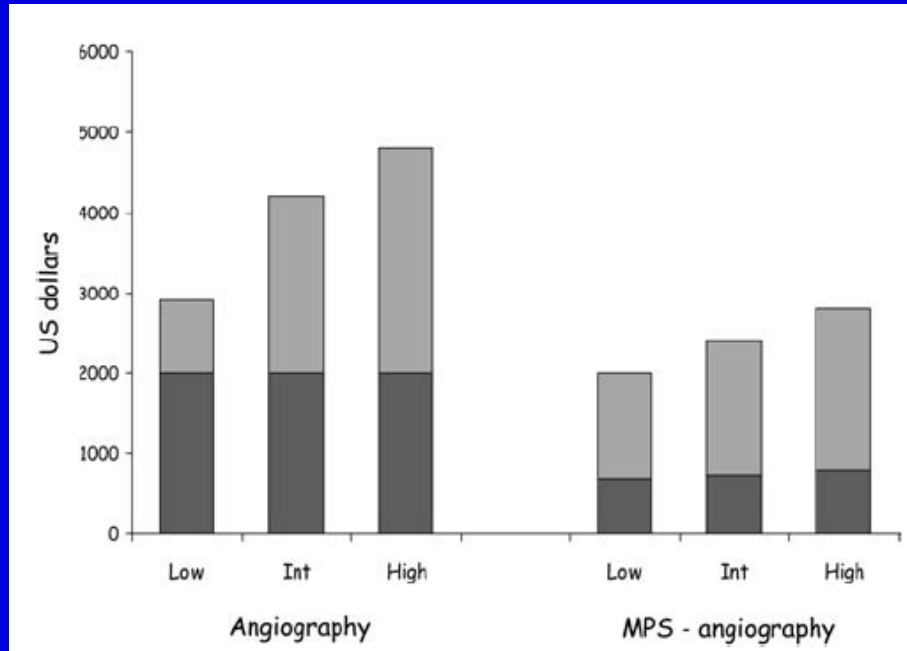
COST- EFFECTIVENESS

- 61% των ασθενών «υψηλού κινδύνου» επαναταξινομούνται ως «χαμηλού κινδύνου» (άρα δεν χρειάζεται να οδηγηθούν σε στεφανιογραφία) με το σπινθηρογράφημα (Hachamovitch et al, J Am Coll Cardiol. 1996).
- Η υποβολή σε στεφανιογραφία μόνο των ασθενών «μέσου ή υψηλού κινδύνου» για καρδιακό θάνατο ή έμφραγμα του μυοκαρδίου οδηγεί σε περιορισμό των εξόδων κατά 33.5% (Hachamovitch et al. J Nucl Med. 1996).
- Η επικρατούσα άποψη είναι να πραγματοποιείται στεφανιογραφία μόνο στους ασθενείς με σημαντική πιθανότητα να υποβληθούν σε επέμβαση επαναγγείωσης (by-pass ή PTCA)

COST- EFFECTIVENESS



Underwood SR, et al EHJ, 20:157, 1999 EMPIRE study



Shaw LJ, et al JACC, 33:661, 1999 END study

- Το συνολικό ετήσιο κόστος των ασθενών με καρδιαγγειακή νόσο στις ΗΠΑ φθάνει τα 30 δις \$.
- Η διαγνωστική προσέγγιση ασθενών με σταθερά προκάρδια ενοχλήματα που εφαρμόζει το σπινθηρογράφημα μυοκαρδίου ως «gate-keeper» πριν την υποβολή τους σε στεφανιογραφία, περιορίζει το κόστος κατά 20 – 55%, σε διάστημα 2 έως 3 ετών (EMPIRE, END studies).

ΠΡΟΣΕΧΩΣ!!!

- ✓ **Νέες φαρμακολογικές δοκιμασίες:** N-0861 (A1 ανταγωνιστής), CGS-21680, ATL-193, ATL-146e, MRE-0470, CVT-3146 (A2a αγωνιστές)
 - ✓ εκλεκτική δράση στα στεφανιαία αγγεία (δεν προκαλούν υπόταση), λιγότερες παρενέργειες.
- ✓ **Δυναμικό SPECT σπινθηρογράφημα μυοκαρδίου:** συστήματα τομογραφικής γ-camera πολλαπλών ανιχνευτών (multi detector SPECT systems)
 - ολοκλήρωση του δυναμικού σπινθηρογραφήματος 360 μοιρών σε 5-10 sec
 - μέτρηση / ποσοτικοποίηση μυοκαρδιακής αιμάτωσης, εφεδρειών των στεφανιαίων αγγείων (Coronary Flow Reserve – CFR).
- ✓ **Συστήματα PET/CT (SPECT/CT):**
 - ακριβή δεδομένα για την καρδιακή λειτουργία και την πάχυνση του μυοκαρδίου
 - ταχύτατο attenuation correction
 - λειτουργική (PET/SPECT) και ανατομική (CT) απεικόνιση με μία εξέταση - «fusion».
- ✓ **Micro – SPECT/PET:** ειδικά συστήματα για μελέτες σε πειραματόζωα

