

De inspannings test

ECG cursus aug 2007

Dr. W. Kok, Cardioloog

Academisch Medisch Centrum

Doel van inspannings test

- Diagnostiek coronairziekte
- Prognose/ beslismodel naar risico
- Risico van de test zelf:
 - < 1 / 50000 dood en
 - < 4/ 10000 infarct of niet-fatale complicatie

Overzicht

- Patient selectie
- De test en uitvoering; stop criteria
- Interpretatie: mechanisme van ST depressie, vormen van ST depressie, tijdstip van ST depressie, invloed PR depressie
- Interpretatie: sensitiviteit, specificiteit, foutpositieve oorzaken
- Tot slot: prognose/ Duke score

Inspanning test

- Patient selectie

Patient selectie

Class I (Conditions for which there is evidence and/or general agreement that a given procedure or treatment is useful and effective)

- 1. Patients undergoing initial evaluation with suspected or known CAD, including those with complete right bundle-branch block or less than 1 mm of resting ST depression.**
2. Patients with suspected or known CAD, previously evaluated, now presenting with significant change in clinical status.
3. **Low-risk unstable angina patients** (see [Table](#)) 8 to 12 hours after presentation who have been free of active ischemic or heart failure symptoms.
(Level of Evidence: B)
4. **Intermediate-risk unstable angina patients** (see [Table](#)) 2 to 3 days after presentation who have been free of active ischemic or heart failure symptoms.
(Level of Evidence: B)

Gibbons RJ, et al.: ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing. Circulation. 2002

Pre Test Probability of Coronary Disease by Symptoms, Gender and Age

Categorie 1: AP verdenking bij patiënten met intermediair risico

Age	Gender	Typical/Definite Angina Pectoris	Atypical/Probable Angina Pectoris	Non-Anginal Chest Pain	Asymptomatic
30-39	Males	Intermediate	Intermediate	low (<10%)	Very low (<5%)
30-39	Females	Intermediate	Very Low (<5%)	Very low	Very low
40-49	Males	High (>90%)	Intermediate	Intermediate	low
40-49	Females	Intermediate	Low	Very low	Very low
50-59	Males	High (>90%)	Intermediate	Intermediate	Low
50-59	Females	Intermediate	Intermediate	Low	Very low
60-69	Males	High	Intermediate	Intermediate	Low
60-69	Females	High	Intermediate	Intermediate	Low
		High = >90%	Intermediate = 10-90%	Low = <10%	
			Very Low = <5%		

Based on Diamond & Forrester, NEJM 1979;300:1350-8

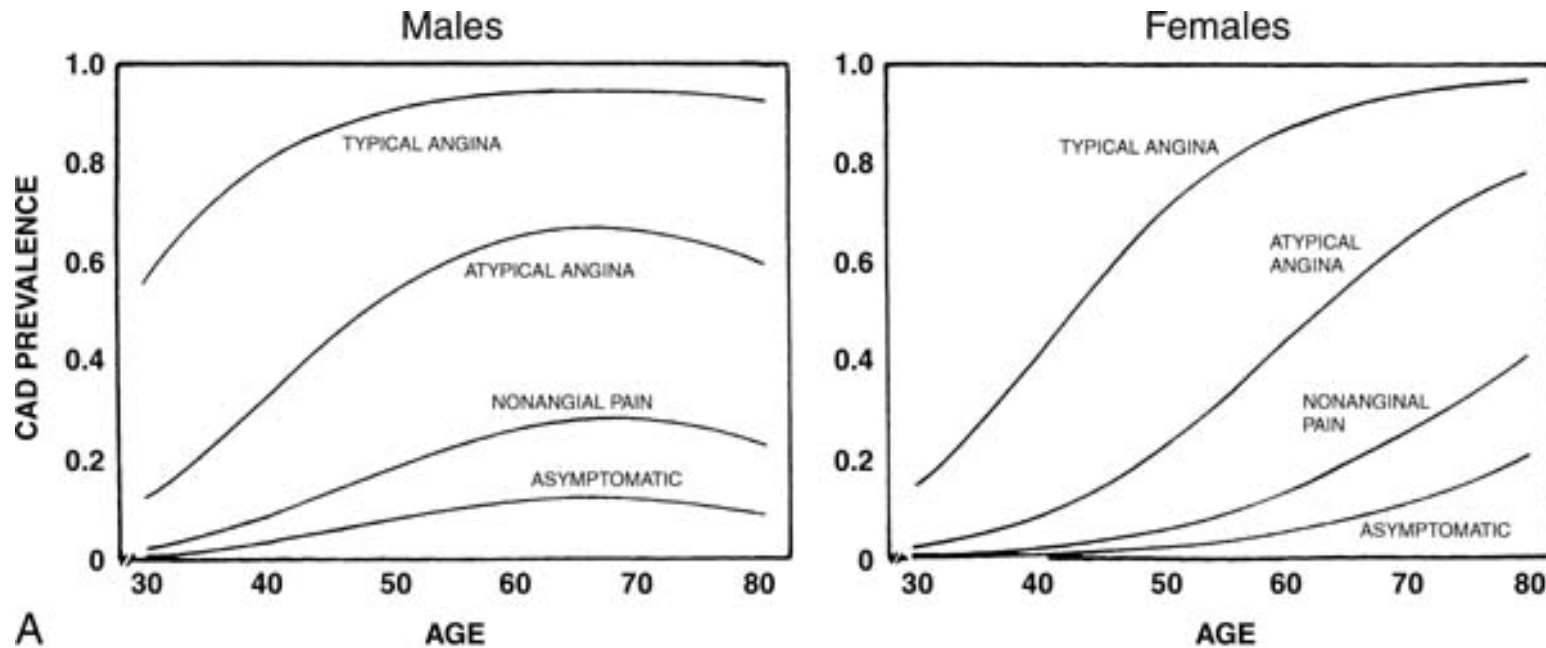
Indeling klachten

- **Typical/Definite Anginal CP**
 - 1) Substernal CP
 - 2) Provoked by exertion or emotional stress and
 - 3) Relieved by rest or NTG
- **Atypical or Probable Anginal CP**
 - Chest Pain or discomfort that lacks one of the 3 characteristics of typical angina
- **Non- Anginal CP**
- **Asymptomatic**



Diamond GA Forrester JS NEJM 1979 300:1350-8

Invloed klachtpatroon op pre-test kans op CAD



Ellestad MH. Stress Testing: Principles and Practice 5th Ed 2003 ; pp. 277.

Naar Diamond en Forrester 1979

Instabiele AP: selectie naar risico

REVISED TABLE 17. Short-Term Risk of Death or Nonfatal Myocardial Infarction in Patients With Unstable Angina

	High Risk	Intermediate Risk	Low Risk
Feature	At least 1 of the following features must be present:	No high-risk feature but must have 1 of the following:	No high- or intermediate-risk feature but may have any of the following features:
History		Prior MI, peripheral or cerebrovascular disease, or CABG or prior aspirin use	
Character of pain	Prolonged ongoing (greater than 20 minutes) rest pain	Prolonged (greater than 20 minutes) rest angina, now resolved, with moderate or high likelihood of CAD Rest angina (less than 20 minutes) or relieved with rest or sublingual NTG)	New-onset or progressive CCSC III or IV angina in the past 2 weeks with moderate or high likelihood of CAD
Clinical findings	Pulmonary edema, most likely related to ischemia New or worsening MR murmur S ₃ or new/worsening rales Hypotension, bradycardia, tachycardia Age older than 75 years	Age older than 70 years	
ECG findings	Angina at rest with transient ST changes greater than 0.05 mV BBB, new or presumed new Sustained ventricular tachycardia	T-wave inversions greater than 0.2 mV Pathological Q waves	Normal or unchanged ECG during an episode of chest discomfort
Biochemical cardiac markers	Elevated (eg, troponin T or I greater than 0.1 mg/mL)	Slightly elevated (eg, troponin T greater than 0.01 but less than 0.1 mg/mL)	Normal

MI indicates myocardial infarction; CABG, coronary artery bypass graft; CAD, coronary artery disease; NTG, nitroglycerin; CCSC, Canadian Cardiovascular Society Classification; MR, mitral regurgitation; ECG, electrocardiography; and BBB, bundle-branch block.

Estimation of the short-term risks of death and nonfatal cardiac ischemic events in unstable angina is a complex multivariable problem that cannot be fully specified in a table such as this. Therefore, the table is meant to offer general guidance and illustration rather than rigid algorithms. Adapted from Agency for Health Care Policy and Research Clinical Practice Guideline No. 10, Unstable Angina: Diagnosis and Management, May 1994.

Patient en ECG selectie

***Deze patienten niet voor inspanning test laten gaan:
Class IIb (Usefulness/efficacy is less well established by evidence/opinion)***

1. Patients with the following resting ECG abnormalities

- Pre-excitation (Wolff-Parkinson-White) syndrome*
- Electronically paced ventricular rhythm
- **1 mm or more of resting ST depression**
- **Complete left bundle-branch block** or any interventricular conduction defect with a QRS duration greater than 120 ms

2. Patients with a stable clinical course who undergo periodic monitoring to guide treatment.

* Een andere indicatie voor inspanning bij WPW is om te zien of de delta golf verdwijnt, een teken van een 'benigne' bundel.

Gibbons RJ, et al.: ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing. Circulation. 2002

Welke patiënten niet

1. Recent acuut myocardinfarct (< 3–4 dagen)
2. Instabiele angina pectoris bij opname
3. Ernstige symptomatische of instabiele linker ventrikel dysfunctie
4. Mogelijk levensbedreigende ritmestoornissen
5. Acute pericarditis, myocarditis, of endocarditis
6. Acute longembolie of infarct
7. Ernstige aortaklep stenose (althans: niet voor CAD diagnostiek)
8. Noncardiale ziekte die inspanning onmogelijk maakt: *ie*, acute thrombophlebitis of diepveneuze thrombose, ernstig algemene ziekte, aneurysma dissecans, neuromusculaire of arthritische aandoeningen, en niet in staat of niet gemotiveerd om de test te doen.

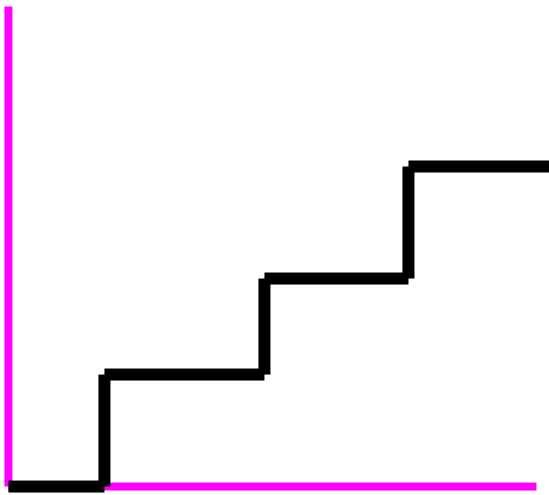
Bloeddruk > 200 systolisch niet inspannen (zie stop criteria)

De test en uitvoering

TREADMILL: Symptom-limited

**en niet
hartfrequentie
limited,
Bruce protocol**

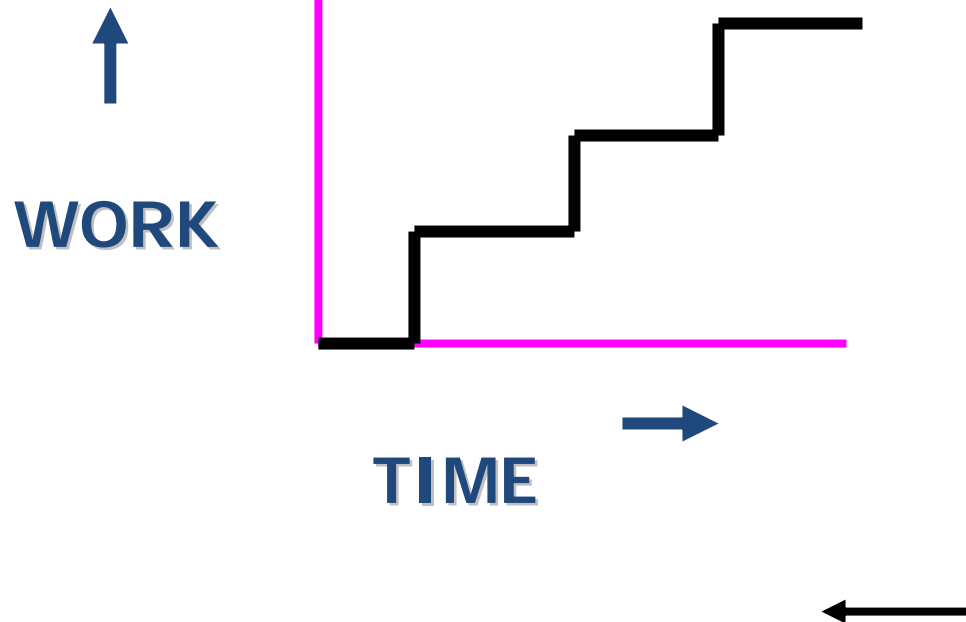
↑
WORK



→
TIME; every 3 minutes ECG en RR (mmHg)

De test en uitvoering

TREADMILL: resultaat in METS en minuten



1 MET is 3.5 ml O₂/kg per minuut, de zuurstof consumptie van een Gemiddelde persoon in rust. Om dagelijkse activiteiten te kunnen uitvoeren is een inspannings intensiteit Nodig van ten minste 5 METs. Vraag aan een van de assistenten: 1) is de fietstest equivalent, en wel eens tegen de lopende band getest; 2) is het aantal Watt om te zetten in METS ?

Normale ECG veranderingen

- P top neemt toe in hoogte
- R top neemt af in hoogte
- J punt depressie
- ST segment wordt scherp upsloping
- Q-T interval verkort
- T golf neemt af in hoogte

Redenen tot stoppen

- 1. **Symptoom beperkt, met pijn op de borst (schaal 3/ 4, 4=max)**, vermoeidheid, dyspneu, en claudicatie;
- 2. **Combinatie van symptomen** zoals pijn en **significante ST-veranderingen**;
- 3. Veiligheidsredenen zoals
 - a. ST-depressie >2 mm ST-depression (relatieve indicatie) en 4 mm als absolute indication om de test te stoppen,
 - b. ST-elevatie ≥ 1 mm,
 - c. Significante arrhythmie (Bfib of VT's),
 - d. Blijvende daling RR systolisch >10 mmHg,
 - e. Ernstige hypertensie (**>250** mmHg systolic or **>115** mmHg diastolic);
- 4. Bereiken van de maximum voorspelde hartslag kan een reden zijn om de test te beëindigen bij patienten met een excellente inspanningstolerantie die niet vermoeid zijn.

Interpretatie van inspannings resultaat

Criteria voor een positieve test

- **Patient heeft voldoende ingespannen:**
 - Max HF = $220 - \text{leeftijd}$
 - Target HF = 85% van voorspelde HF
 - Echter geen hard criterium: SD = 12 /min
- **ST depressie 1 mm of meer, horizontaal of downsloping**
- **ST elevatie 1 mm of meer in een non-Q lead**

Criteria voor een positieve test

- **ST depressie slow upsloping** 1,5 mm of meer : **discutabel, niet in de guideline**, wel door sommige auteurs gehandhaafd.
- Soms wordt het probleem vanzelf opgelost als er hor/downsloping ST depressie ontstaat in de recovery.

Inzichtelijke literatuur:

Gianrossi et al, Exercise-induced ST depression in the diagnosis of coronary artery disease. A meta-analysis. Circulation. 1989 Jul;80(1):87-98 (bekijkt alle vormen – inclusief fast upsloping, specificiteit iets omlaag)

Rijneke RD et al, Clinical significance of upsloping ST segments in exercise electrocardiography. Circulation 1980;61:671-78

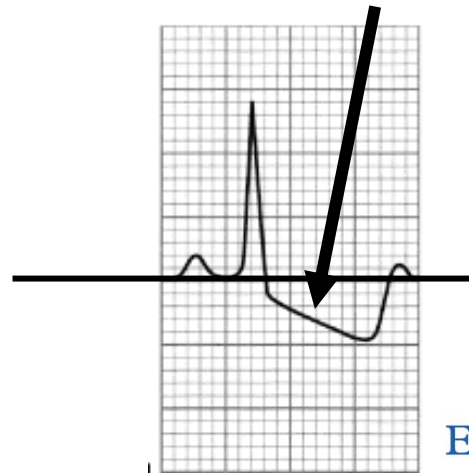
Sansoy et al, Significance of slow upsloping ST-segment depression on Exercise stress testing. Am J Cardiol 1997, 79:709-12

Desay M et al, Slow upsloping ST-segment depression during exercise: does it really signify a positive stress test? Am Heart J 2002;143:482-7

- Beschrijving van ECG afwijkingen

Meting van ST depressie

- Basislijn = PR segment (of liever: junction met R), het TP segment is bij hogere HF niet te zien.
- Meting van ST depressie **60-80 msec** na het J punt

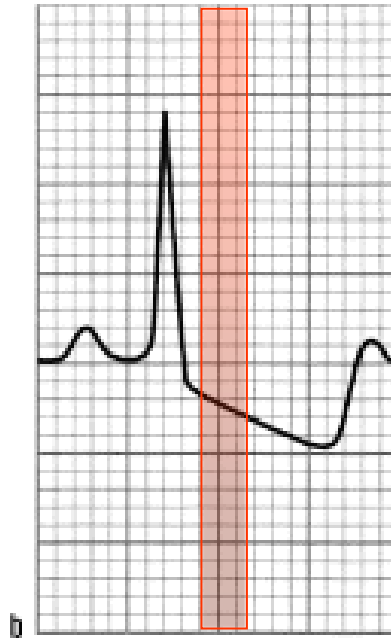


Vormen van ST depressie

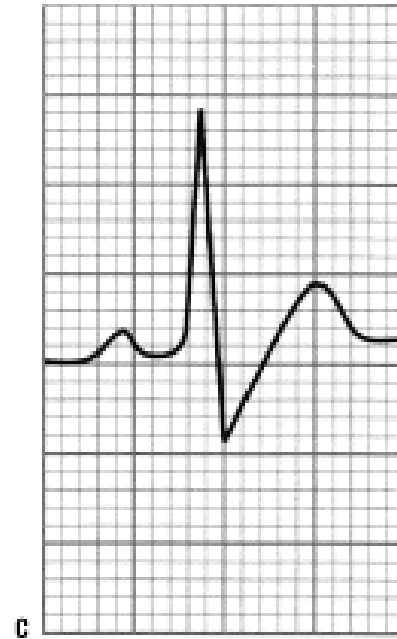
Horizontaal
 ≥ 1 mm



Downsloping
 ≥ 1 mm

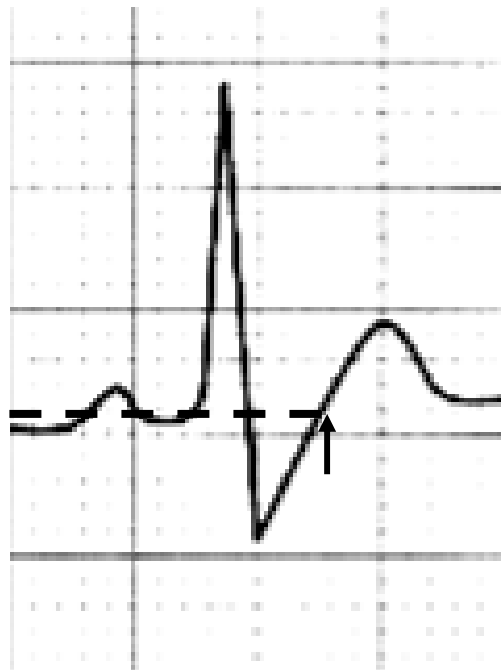


Fast Upsloping
niet diagnostisch !

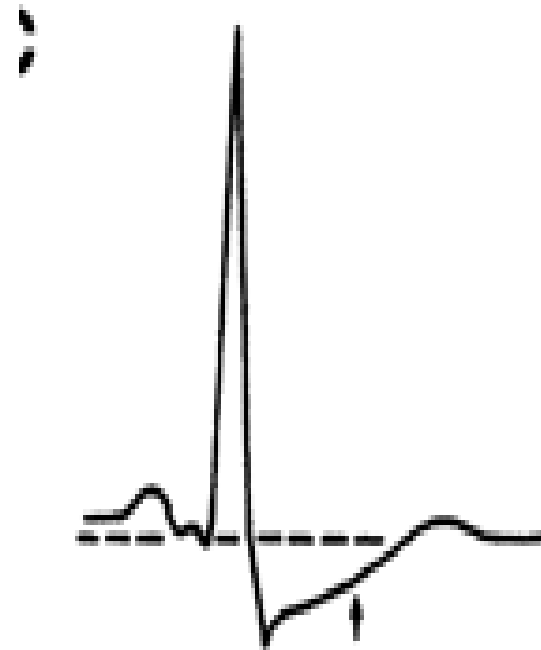


Vormen van upsloping ST depressie

Fast Upsloping
niet diagnostisch !



Slow Upsloping
ST depression



0,06- 0,08 sec na J punt

Mechanismes van ST depressie

Diastolic injury current

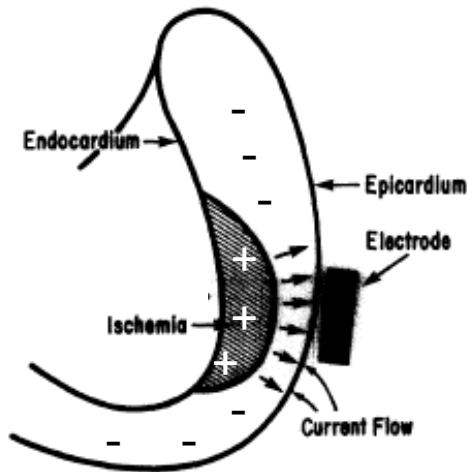
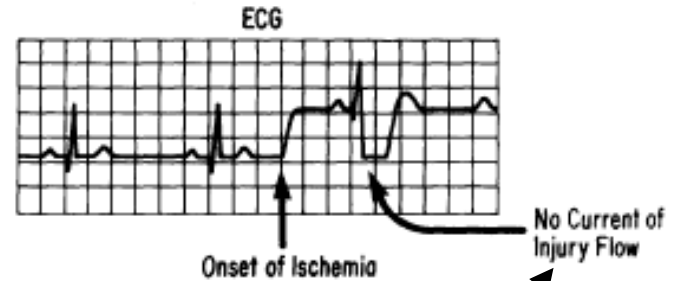


Fig. 2. Graphic representation showing area of myocardial ischemia with resulting current of injury flow toward the epicardial and S-T vector directed toward the endocardium.



Depolarisation complete

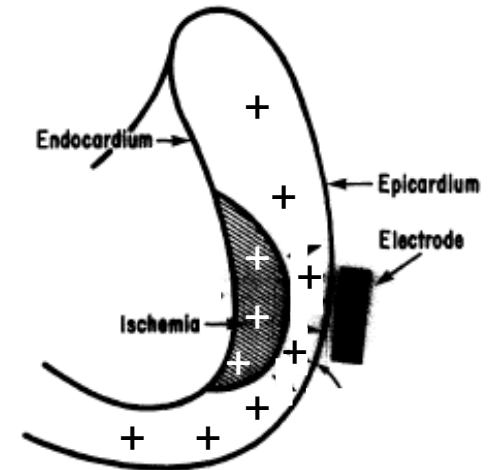


Fig. 2. Graphic representation showing area of myocardial ischemia with resulting current of injury flow toward the epicardial and S-T vector directed toward the endocardium.

Mechanismes van ST depressie

Systolic injury current
door vroege repolarisatie na verkorte Actiepotentiaal
terwijl rest myocard nog depolariseert

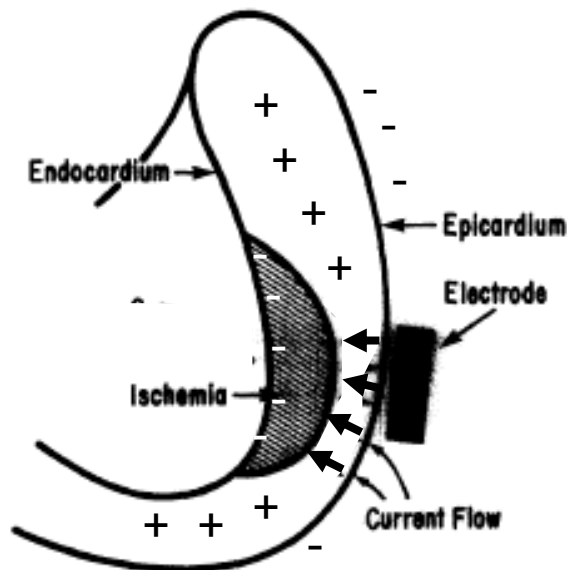
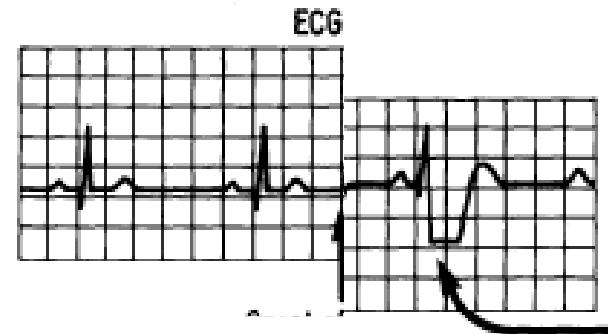


Fig. 2. Graphic representation showing area of myocardial ischemia with resulting current of injury flow toward the epicardial and S-T vector directed toward the endocardium.



ST elevatie

- 1 mm of meer
- In een niet-Q afleiding
- Komt voor in ca 1% van inspanningstests, en wijst dan wel op de plaats van ischemie

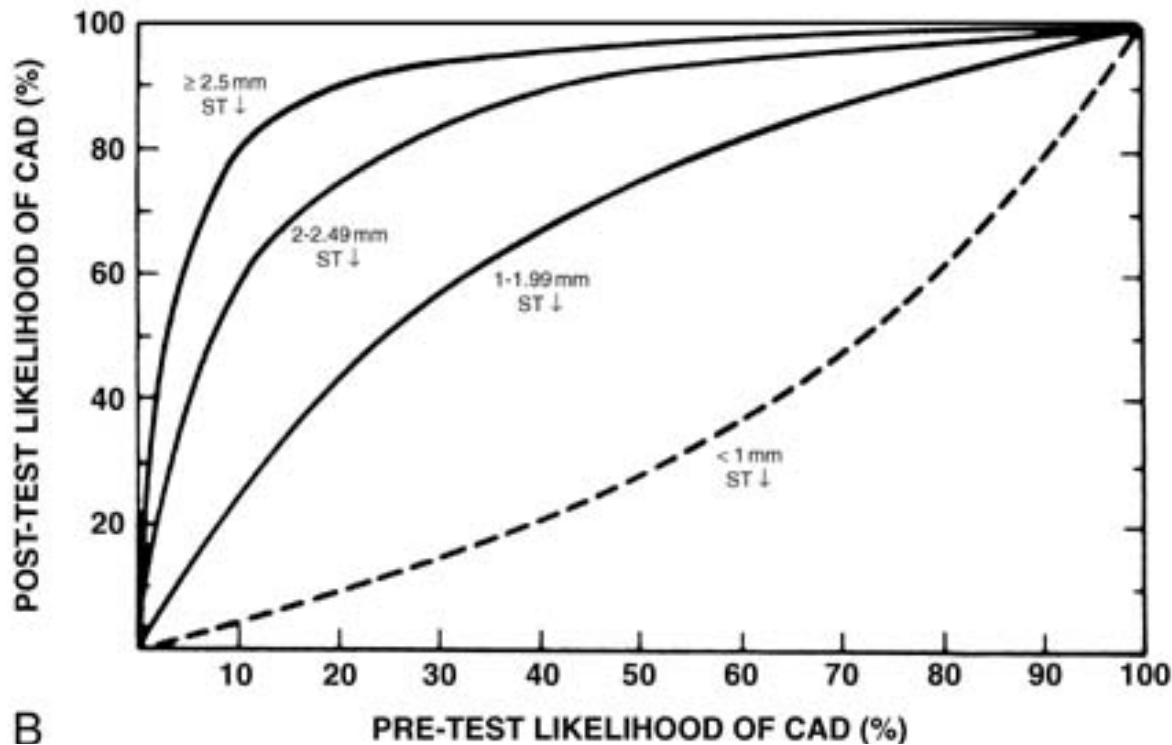


Lokalisatie van ST depressie

- Meestal V5 en V6
- Lokalisatie op ECG voorspelt **niet** lokalisatie coronair afwijking

Mark DB et al, Ann Intern Med 1987;106: 53

Pre-test kans op CAD en mate van ST depressie



Ellestad MH. Stress Testing: Principles and Practice 5th Ed 2003 ; pp. 277.
Naar Diamond & Forrester

ST deviatie tijdens inspanning of ook tijdens recovery ?

- **Telt mee in < 5 minuten recovery**, als de afwijking bestaat vanaf begin recovery, en niet ontstaat > 3 minuten na recovery.
- Invloed op test result: verbetert sensitiviteit *.
- **Liggen in de recovery ?** Toename preload bij liggen verhoogt de kans op ischemie. Ooit uitgezocht? Dit is een uitdaging voor een van de assistenten, zoek de literatuur en deel het met ons.

* **Gianrossi** et al, Exercise-induced ST depression in the diagnosis of coronary artery disease. A meta-analysis. *Circulation*. 1989 Jul;80(1):87-98
Lachterman B, et al. "Recovery only" ST depression and the predictive accuracy of the exercise test. *Ann Intern Med* 1990;112: 11-6

Afwijkend uitgangs- ECG

- **Invloed rust-ST depressie < 1 mm:** volgens de beschikbare literatuur is de vooraf kans 10% hoger op CAD; additionele ST depressie > 1 mm heeft een sensitiviteit groter als die zonder rust-ST depressie, maar de specificiteit van de test is veel lager; wel vergelijkbare resultaten worden gevonden met **criterium 2 mm additionele ST depressie**.
- **Invloed rust-ST depressie \geq 1 mm:** volgens guideline 1997/2002: niet voor de test selecteren; classe IIb, evidence tegen.

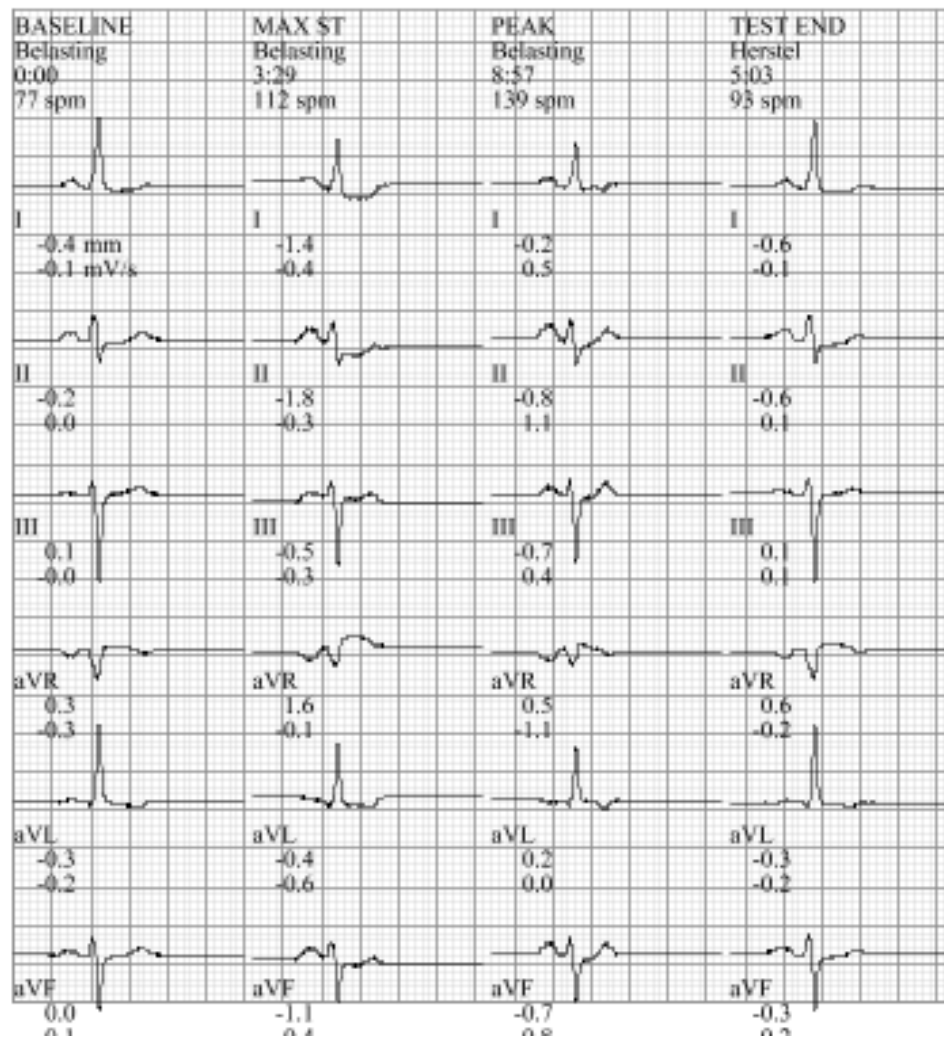
Fearon WF et al, JACC 2000;35:1206-11

Gebruik betablokker en chronotrope incompetentie

- Als het kan, is het wenselijk de betablokker voor de inspanning test te stoppen
- Met een betablokker daalt de sensitiviteit van de test (tot 44%); de specificiteit neemt iets toe.
- Bij chronotrope incompetentie zijn de sensitiviteit en specificiteit onveranderd, omdat de prevalentie in deze groep op CAD stijgt, waardoor het niet halen van een bepaalde inspanning toch voldoende is voor het aantonen van ischemie.

Gauri AJ et al, Effect of chronotropic incompetence and β -blocker use on the treadmill exercise test in men. Am Heart J 2001; 142:136-41

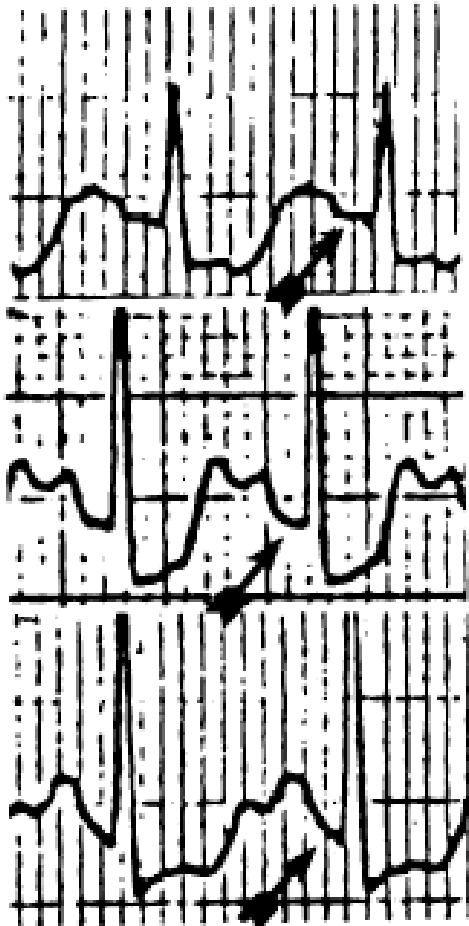
Overige ECG: P top toename in extremiteits afleidingen



P top toename en PR segment depressie

- In afleidingen II, III, aVF (vector atriale depolarisatie re→li en naar beneden)
- Repolarisatie P toont een negatieve T, tot 140 msec na begin P, dus in het volgende QRS

Soms PR segment depressie, kan reden zijn voor FP test



FLAT

**SLIGHTLY
DOWNSLOPING**

**MARKEDLY
DOWNSLOPING**

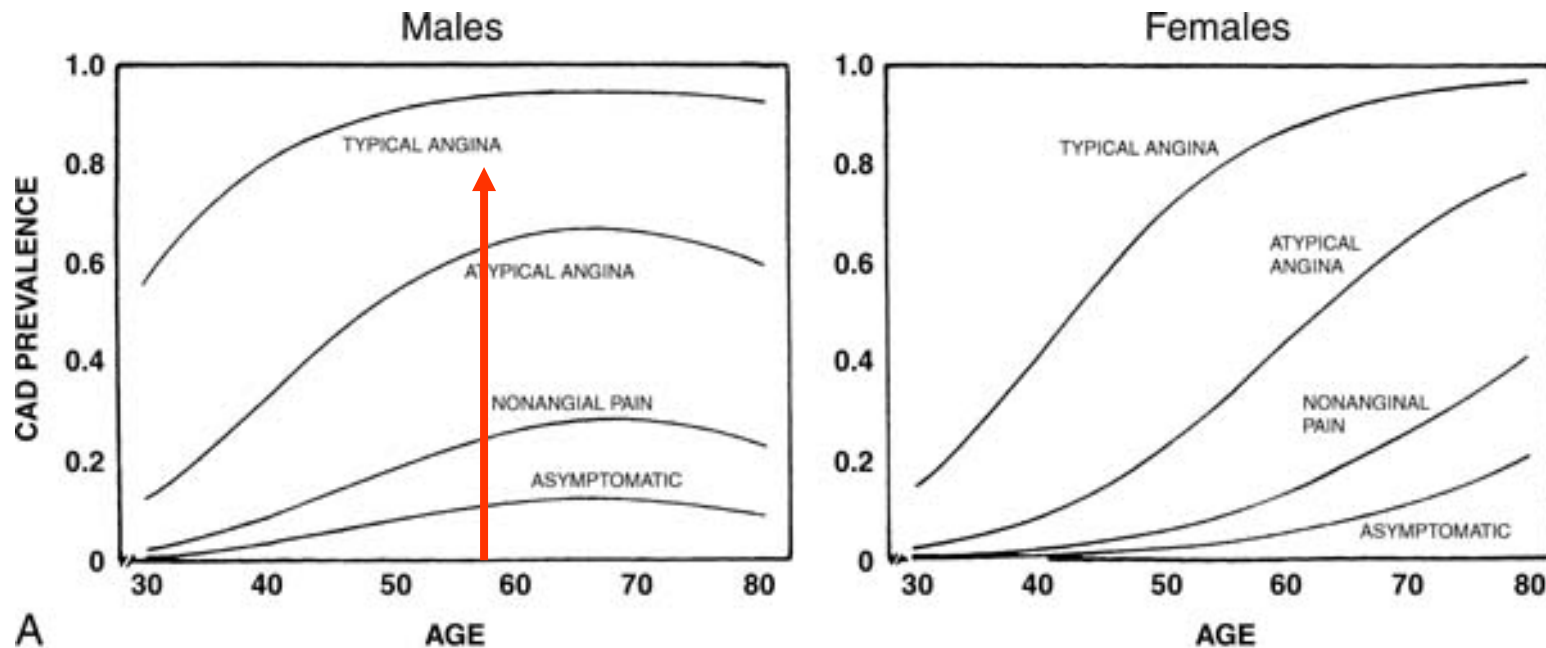
Voorzichtige uitspraak van Sapin:
PR erg downsloping, samen met een
Inspanning van > 4 minuten,
Bij een lage voorafkans,
Kan een FP test verklaren

Sapin et al, J Electrocardiol 1995;28:313-21

Hr L, 58 jr

- 2005 CABG (LIMA, 2 x veneus) bij 3vatslijden
- In 2006 angina pectoris klachten (midsternaal, geen uitstraling, bij inspanning, reageert op NTG).

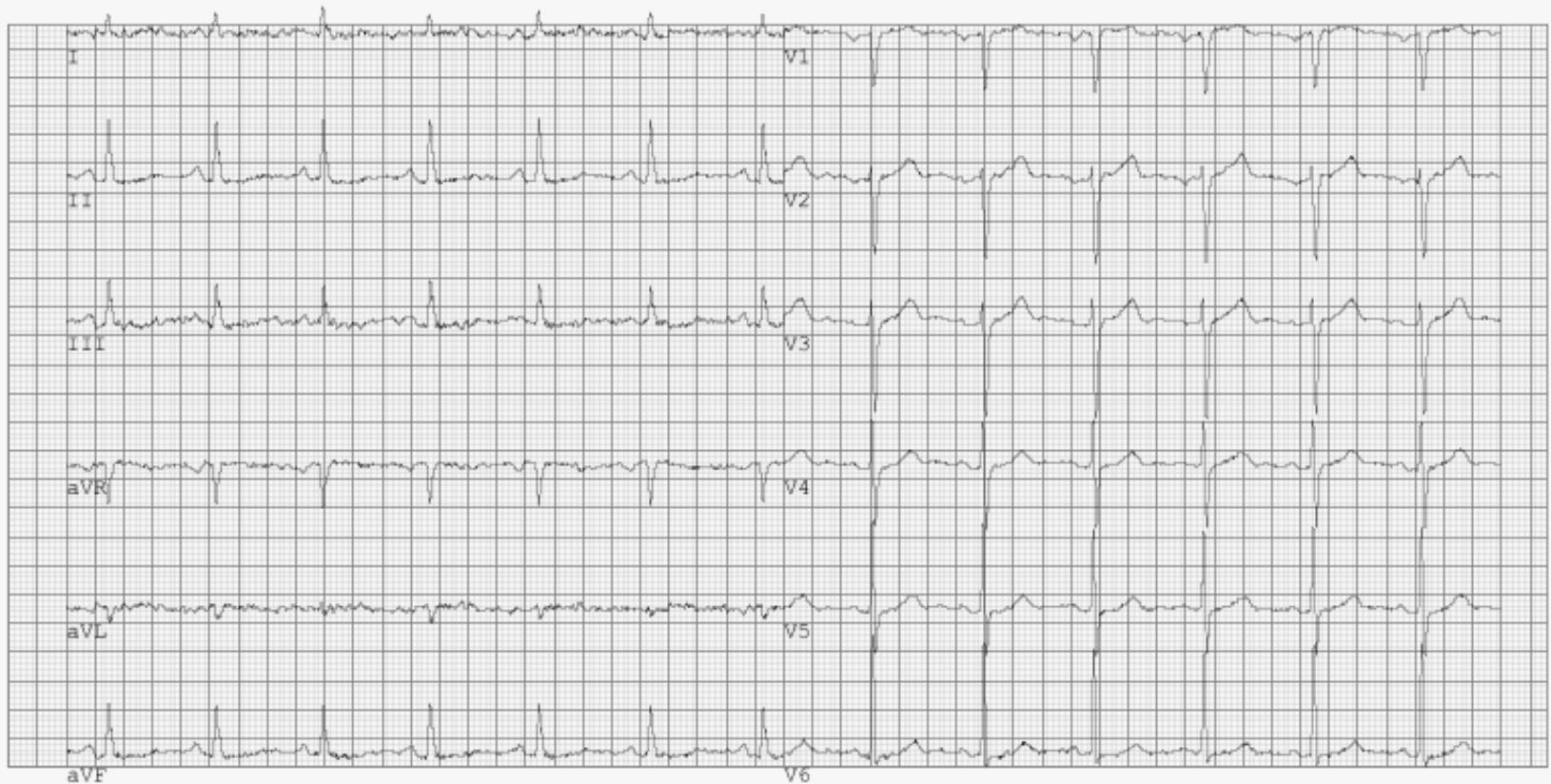
Invloed klachtpatroon op pre-test kans op CAD



Ellestad MH. Stress Testing: Principles and Practice 5th Ed 2003 ; pp. 277.

Naar Diamond en Forrester 1979

Hr L, 58 jr, rust ECG



GE Medical Systems IT
CASE 4.13

25mm/s 10mm/mV 50Hz 0.01-20Hz FRF+ HF(V2,V3)

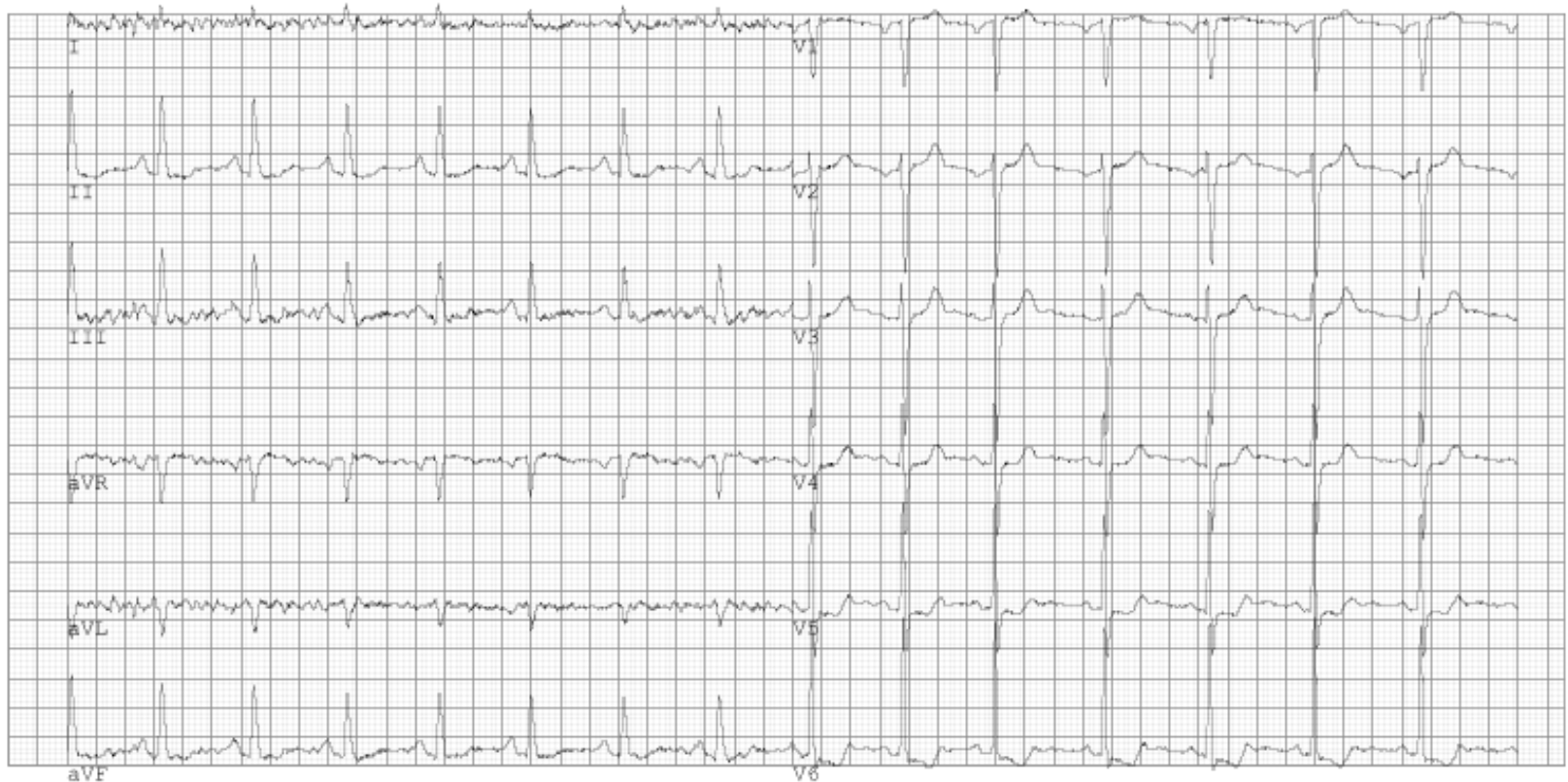
Hr L, 58 jr, stadium 4



GE Medical Systems IT
CASE 4.13

25mm/s 10mm/mV 50Hz 0.01-20Hz FRF+ HF(V2,V3)

Hr L, 58 jr, herstel 2 min



GE Medical Systems IT
CASE 4.13

25mm/s 10mm/mV 50Hz 0.01-20Hz FRF+ HF(V2,V3)

Interpretatie van Inspannings test

- Sensitiviteit = 60-70%
- Specificiteit = 70-80%
- Fout positief = 10-15% (afh van prevalentie)
- Fout negatief = 15-20% (afh van prevalentie)

Sensitiviteit = $\frac{\text{Aantal met positieve test}}{\text{aantal met CAD}}$

Specificiteit = $\frac{\text{Aantal met negatieve test}}{\text{aantal zonder CAD}}$

Gianrossi et al, Circulation. 1989 Jul;80(1):87-98

Interpretatie van Inspannings test

- Sensitiviteit invloed in literatuur
 - Zonder work-up bias ↓ 50%
 - Zonder of met Q infarct geen verschil
- Specificiteit invloed in literatuur
 - Zonder work-up bias ↑ 90%
 - Zonder Q-infarct ↓ 72% ipv 77%
 - Zonder upsloping ST depressie ↑ 79% ipv 77

Sensitiviteit = Aantal met positieve test / aantal met CAD

Specificiteit = Aantal met negatieve test / aantal zonder CAD

Work-up bias: invloed van andere kennis op het aanvragen van een CAG (niet bij alle X-tests werd een CAG aangevraagd in de onderzoeken)

Oorzaken van ST depressie/ een fout-positieve test

Ernstige AoS

Ernstige hypertensie

Cardiomyopathie

Anemie

Hypokaliemie

Ernstige hypoxemie

Digitalis

Ernstige volume belasting (AoI, MI)

SVT's

Glucose belasting

LVH

Hyperventilatie

Mitralisklepprolaps

Intraventriculaire
geleid. vertraging

Pre-excitatie

Patient B

- VG 1990 IPL infarct, PTCA LAD.
- EF 40%.
- AP $\frac{3}{4}$

Patient B, rust ECG



GE Medical Systems IT
CASE 4.13

25mm/s 10mm/mV 50Hz 0.01-20Hz FRF+ HF(V1,V2)

Patient B, insp ECG, st 4



GE Medical Systems IT
CASE 4.13

25mm/s 10mm/mV 50Hz 0.01-20Hz FRF+ HF (V1,V2)

Patient B, insp ECG, herstelfase 2 min



GE Medical Systems IT
CASE 4.13

25mm/s 10mm/mV 50Hz 0.01-20Hz FRF+ HF (V1, V2)

Patient B

- CAG: afgesloten RCA, retrograde vulling via Cx. D1 stenose. Cx MO stenose.
- PCI D1 en MO uitgevoerd.

Tot slot: prognose en besluitvorming

- Duke score = duration of exercise in minutes on the Bruce protocol - (5 x maximal mm ST deviation) - 4 x treadmill angina index
 - Treadmill Angina Index:
 - 0 if no angina.
 - 1 if non-limiting angina.
 - 2 if limiting angina.

Tot slot: prognose Duke score

- High Risk = treadmill score < -10
79% 4-year survival
- Moderate Risk = treadmill score -10 to $+4$
95% 4-year survival
- Low Risk = treadmill score $\geq +5$
99% 4-year survival

Tot slot: besluitvorming op Duke score

- High Risk : Needs cardiac catheterization
- Moderate Risk: Needs further stratification: consider stress echo or nuclear imaged stress test
- Low Risk : Medical management likely appropriate and if indicated repeat test in 3-4 years

Literatuur

- Gibbons RJ, et al.: Guidelines for exercise testing: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Exercise Testing). J Am Coll Cardiol 30:260, 1997.
- Gibbons RJ, et al.: ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). Circulation. 2002 Oct 1;106(14):1883-92

Literatuur

- Ellestad MH. Stress Testing: Principles and Practice 5th Ed 2003
- Froehlicher VF, Marcondes G, Manual of exercise testing. Ed 1989 Year Book Publ
- Gianrossi et al, Exercise-induced ST depression in the diagnosis of coronary artery disease. A meta-analysis. Circulation. 1989 Jul;80(1):87-98
- Jonathan Hill and Adam Timmis. ABC of clinical electrocardiography: Exercise tolerance testing BMJ 2002; 324:1084-1087.
- Peter M. Sapin, et al. Exaggerated atrial repolarization waves as a predictor of false positive exercise tests in an unselected population. J Electrocardiol 1995;28:313-21
- Gauri AJ et al, Effect of chronotropic incompetence and β -blocker use on the treadmill exercise test in men. Am Heart J 2001; 142:136-41
- Mark DB et al, Exercise treadmill score for predicting prognosis in coronary artery disease. Ann Intern Med 1987;106: 53
- Mark DB, et al, Prognostic Value of a Treadmill Exercise Score in Outpatients with Suspected Coronary Artery Disease. NEJM 1991; 325:849-53.