

O. Kamp

9.1 Inleiding

Pijn op de borst is een veelgehoorde klacht bij patiënten die medische hulp zoeken. De arts of cardioloog die zo'n patiënt ziet, zal proberen de oorzaak te achterhalen en daarbij onderzoek doen naar het optreden van myocard-ischemie als uiting van coronairlijden. Inspanningselektrocardiografie (inspannings-ECG) is in de dagelijkse praktijk de meest gebruikte methode om myocard-ischemie aan te tonen en is van belang bij het stellen van de diagnose coronairlijden. Kenmerkend zijn de elektrocardiografische ST-segmentveranderingen tijdens inspanning, waardoor het inspannings-ECG de standaardtest is geworden voor het opsporen van coronairlijden.

Wanneer het inspannings-ECG wordt verricht bij een patiënt met een hoge voorafkans op coronairlijden, zijn de sensitiviteit (gevoeligheid) en specificiteit (kenmerkende eigenschap) van de test hoog. Maar bij een patiënt met een lage voorafkans op coronairlijden en bij een patiënt met een moeilijk interpreteerbaar ECG door geleidingsvertraging (bundeltakblok) of ST-T-afwijkingen, is de nauwkeurigheid van het inspannings-ECG beperkt. Om deze nauwkeurigheid verder te verbeteren, wordt het inspannings-ECG soms gekoppeld aan nucleair perfusieonderzoek om perfusiedefecten (doorbloedingsdefecten) op te sporen. Een inspanningstest in combinatie met thallium of technetium single-photon-emission computerized tomography (SPECT) is de gangbare nucleaire techniek geworden om coronairlijden te diagnostiseren.

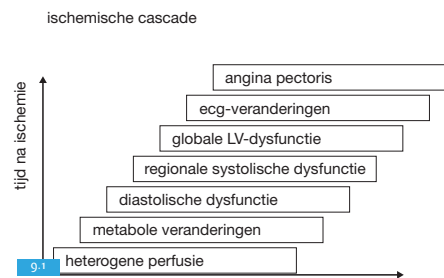
Een tekortschieten van de perfusie tijdens inspanning leidt tot wandbewegingsstoornissen, die met behulp van echocardiografie kunnen worden opgespoord. Het gebruik van echocardiografie tijdens inspanning is echter lange tijd beperkt gebleven vanwege technische problemen. De laatste tien jaar hebben technische ontwikkelingen in de stress-echocardiografie, zoals de digitalisatie van beelden, de techniek adequaat gemaakt voor het vaststellen van coronairlijden en is de test gelijkwaardig geworden aan de nucleaire onderzoeken.

Stress-echocardiografie biedt dus naast de beoordeling van de globale en regionale LV-functie in rust ook de mogelijkheid deze te beoordelen tijdens stress (inspanning, farmacologisch). Dit is van belang voor de diagnostiek naar myocard-ischemie (ernst van een coronairstenose) en myocardvitaliteit (levensvatbaarheid van de hartspier).

9.2 Achtergrond en indicaties

Bij inspanning ontstaat er toename van de vraag naar zuurstof ten gevolge van verhoogde hartslag, bloeddruk en contractiliteit. Bij de patiënt met een coronairstenose ontstaat een verstoord evenwicht tussen vraag en aanbod van zuurstofrijk bloed in het deel van het myocard dat verzorgd wordt door deze coronairarterie, hetgeen kan leiden tot myocard-ischemie. De vroegste manifestatie van myocard-ischemie is een abnormale diastolische functie (gestoorde E/A-ratio). Bij langer bestaan van de ischemie ontstaan regionale wandbewegingsstoornissen in de systole. Vervolgens wordt bij toename van de duur van de ischemie het ECG afwijkend en ten slotte ontstaan er klachten van pijn op de borst (fig. 9.1). Stress-echocardiografie wordt gebruikt om myocard-ischemie vroegtijdig vast te leggen door regionale wandbewegingsstoornissen op te sporen tijdens of direct na inspanning of farmacologische interventie.

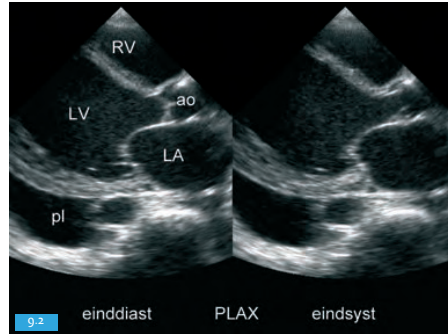
De indicaties voor stress-echocardiografie zijn dezelfde als voor het inspannings-ECG. Stress-

**Figuur 9.1**

Ontwikkeling van verschijnselen bij vernauwing van coronairarteriën. Na een heterogene perfusie is er een ontwikkeling van verschijnselen in de tijd, waarbij ver voor het zich ontwikkelen van angina pectoris al diastolische en systolische stoornissen in de ventriekelfunctie ontstaan.

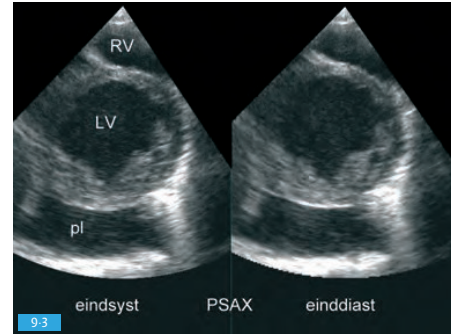
Figuur 9.2

PLAX voor beoordeling van wandbewegingsstoornissen. pl = pleuravocht



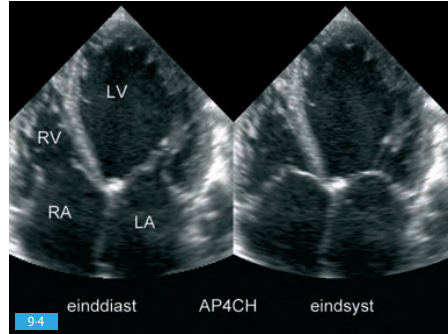
Figuur 9.3

PSAX voor beoordeling van wandbewegingsstoornissen. pl = pleuravocht



Figuur 9.4

AP4CH voor beoordeling van wandbewegingsstoornissen.



een deel van het myocard veroorzaakt. Wandbewegingsstoornissen die in rust niet aanwezig zijn, kunnen worden opgewekt en opgespoord. De functionele informatie die zo wordt verkregen is van prognostisch belang voor de patiënt en kan een interventie (dotterprocedure of bypassoperatie) sturen.

Ook het vaststellen of uitsluiten van belangrijk coronairlijden kan met behulp van stress-echocardiografie gebeuren.

9.3 Acquisitie van de LV-scanvlakken

Bij stress-echocardiografie worden standaard vier scanvlakken opgenomen, te weten de PLAX (fig. 9.2) (of de AP3CH, afhankelijk van de mogelijkheid om de midventriculaire segmenten te beoordelen), de PSAX (fig. 9.3), de AP4CH (fig. 9.4) en de AP2CH. Nauwkeurige beoordeling van de aanwezigheid of afwezigheid van wandbewegingsstoornissen kan vanuit apicaal worden verkregen door een langzame rotatie van de scanvlakken tussen de gangbare apicale opnamen, waarbij ook nog de AP5CH kan worden betrokken door angulatie van de transducer vanuit de AP4CH. De endocardiale en epicardiale definitie van vooral de anteriorwand kan moeilijk zijn vanwege attenuatie (verzwakking) van het ultrageluid door longweefsel. Het kan helpen de patiënt goed te positioneren en de opnamen te maken tijdens eindexpiratie. Dit kan overigens lastig zijn ten gevolge van de inspanning of farmacologische stress.

Het is belangrijk om de transducer zo veel mogelijk op de ware apex te positioneren en de opname van verkorte opnamen van de LV (foreshortening) (kader 9.1). De informatie uit de parasternale en apicale vensters wordt gezamenlijk beoordeeld met inachtneming van de optimale beeldkwaliteit van elk venster, en zo is een segmentale beoordeling van de LV-functie mogelijk.

echocardiografie wordt gebruikt voor de evaluatie van de patiënt met pijn op de borst, voor bepaling van de prognose van de patiënt met aangetoond coronairlijden, zoals na een myocardinfarct, bij de patiënt met chronische angina pectoris en voor preoperatieve risicostratificatie. Het inspannings-ECG alleen is vaak weinig waardevol, indien de voorafkans op coronairlijden laag is of wanneer het rust-ECG al afwijkend is. Voorbeelden zijn patiënten met een bundeltakblok, LV-hypertrofie, pre-excitatie of patiënten die digoxine gebruiken. Bij deze patiënten, en in het bijzonder bij vrouwen, is de voorspellende waarde van stress-echocardiografie voor het aantonen van coronairlijden hoog.

Inspanningsechocardiografie kan worden verricht met een lopende band (treadmill) of met een fietsergometer met de patiënt in een verticale of in een liggende positie. Niet alle patiënten kunnen voldoende inspanning leveren, bijvoorbeeld door fysieke beperkingen zoals perifeer vaatlijden, orthopedische of neurologische aandoeningen. Een ander nadeel van inspanningsechocardiografie is dat de beeldvorming tijdens inspanning technisch moeilijk of onmogelijk is. Farmacologische stress met behulp van dobutamine, arbutamine, dipyridamol en adenosine zijn bruikbaar als alternatieven, waarbij dobutamine tegenwoordig het meest wordt gebruikt.

Met stress-echocardiografie worden de functionele gevolgen van coronairlijden onderzocht door bestudering van de systolische wandverdickening en endocardiale beweging in rust en na stress. Men kijkt dus niet direct naar de anatomie van de coronairarteriën, maar naar de gevolgen van een coronairstenose, die een belemmerde bloedstroom naar

Kader 9.1 Optimaliseren van de endocardiale contouren van de LV

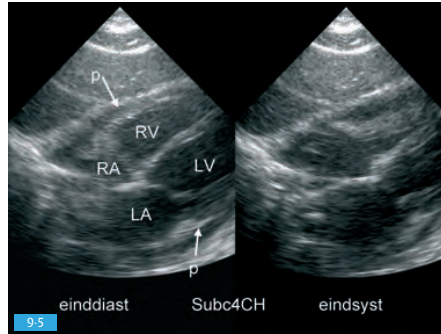
- 1 Verbeter de positie van de patiënt door het hart in contact te brengen met de borstwand (vaak door een versterkte linker-zijligging, eventueel in combinatie met een aangepast onderzoeksbed).
- 2 Laat de patiënt eindexpiratoir de adem inhouden, vooral bij de AP2CH-opname.
- 3 Pas de positie van de transducer aan om het optimale venster te vinden. opdat een correct scanvlak wordt verkregen.
- 4 Pas de gain en de gray-scale aan ter versterking van de endocardiale echo's.
- 5 Gebruik de hoogst mogelijke transducerfrequentie, aangepast aan de te onderzoeken diepte.
- 6 Pas de focusdiepte en ultrageluidsbundel aan aan de diepte.
- 7 Gebruik bij voorkeur harmonische beeldvorming.
- 8 Gebruik cine-loopfunctie om de optimale definitie van het endocard tijdens einddiastole en eindsystole te verkrijgen.
- 9 Ervaring van de technicus met endocardiale contouranalyse verdient aanbeveling.

Ten slotte kan de LV ook vanuit subcostaal worden geëvalueerd (fig. 9.5). In de subcostale 4-kameropname (subc4CH) kunnen het inferoseptum en de laterale wand worden gevisualiseerd. Daarnaast is het mogelijk om subcostale korte-as-opnamen te maken, waarbij de wanden van inferior en posterior dicht bij de transducer liggen en de anterior en laterale wanden verderaf.

9.4 Relatie met coronairarteriën

De wandbewegingsabnormaliteiten die gezien worden bij myocard-ischemie corresponderen als volgt met de coronairarteriën (zie ook fig. 7.17 t/m 7.19):

- Stenosen in de linker anterior descendens (LAD) kunnen wandbewegingsstoornissen veroorzaken, vooral in anteroseptum, anteriorwand en apex. Afhankelijk van de uitgebreidheid van de diagonale takken kan de laterale wand eveneens aangedaan zijn. Bij een grote LAD, die om de apex heen loopt, kunnen de apicale en distale segmenten van inferior en posterolateraal eveneens wandbewegingsstoornissen vertonen.
- De ramus circumflexus (RCx) voorziet vooral de laterale en de posteriorwand van bloed.
- De rechtercoronairarterie (RCA) geeft vaak wandbewegingsstoornissen in het basale inferoseptum, inferior en soms ook posterior. Wanneer deze kransslagader kort is, is de apex niet aangedaan.



Figuur 9.5
Subc4CH voor beoordeling van wandbewegingsstoornissen.
p = pericardvocht

9.5 Infarcting, reversibele ischemie, hibernation en stuning

Onherstelbare myocardbeschadiging door een myocardinfarct geeft wandbewegingsstoornissen die aanwezig zijn in rust. Bij een acuut infarct is de wanddikte normaal, maar de systolische wandverdikking en endocardiale beweging is verminderd of afwezig. Een oud infarct kenmerkt zich door wandverdunding en toegenomen echodensiteit door littekenvorming en fibrose samen met een wandbewegingsstoornis.

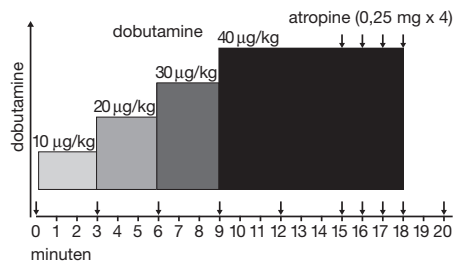
Myocard-ischemie is een reversibele afwijking die ontstaat door een ontregeling van vraag en aanbod van zuurstofrijk bloed naar een of meer myocardsegmenten. Indien de coronaire vernauwing meer dan 70% is, ontstaat na stress (bijvoorbeeld inspanning of farmacologisch) myocard-ischemie, die resulteert in een tijdelijke wandbewegingsstoornis. Zoals eerder besproken in figuur 9.1, treden wandbewegingsstoornissen tijdens ischemie eerder op dan ST-T-afwijkingen. Dit is mede een reden waarom echocardiografie gevoeliger is dan elektrocardiografie voor de vroege detectie van myocard-ischemie.

Bij ernstig coronairlijden kan het voorkomen dat het myocard niet alleen bij inspanning ischemisch wordt. Er kan continue ischemie bestaan die niet ernstig genoeg is om te leiden tot infarcting, maar die wel leidt tot permanent aanwezige wandbewegingsstoornissen. Deze toestand van het myocard wordt aangeduid met de term 'hibernation' (winterslaap houden). In een dergelijk geval is revascularisatie met behulp van een dotterprocedure of bypassoperatie nog zinvol. Het onderscheid met infarcting kan worden gemaakt omdat de wand, in tegenstelling tot een geïnfarceerde wand, niet dun is. Dit kan echter lastig te zien zijn.

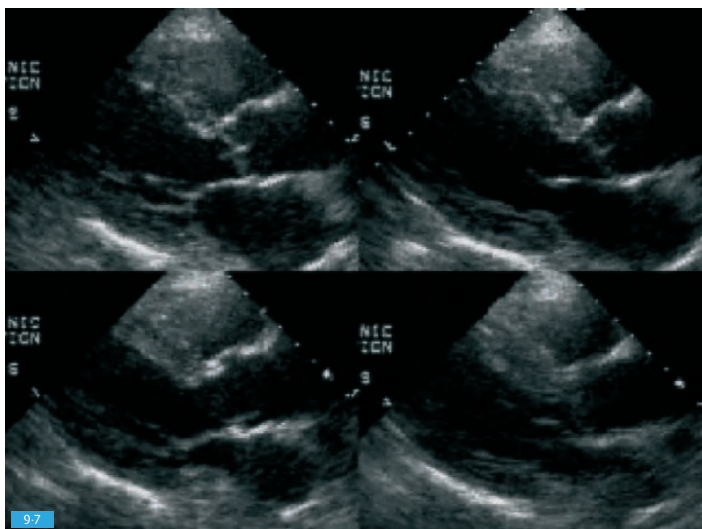
Stress-echocardiografie is zeer behulpzaam bij het maken van het onderscheid tussen geïnfarceerd en hibernating myocard. Als bij een lage dosis dobutamine een akinetische wand weer verdikking en beweging gaat vertonen, is sprake van hibernating myocard. Bij een hogere dosis dobutamine nemen de wandverdikking en -beweging weer af. Het aantonen hiervan kan belangrijke consequenties hebben voor de therapiekeuze.

Iets vergelijkbaars kan zich voordoen na een myocardinfarct dat in de acute fase is behandeld

Figuur 9.6
Dobutamine-stress-
echoprotocol.

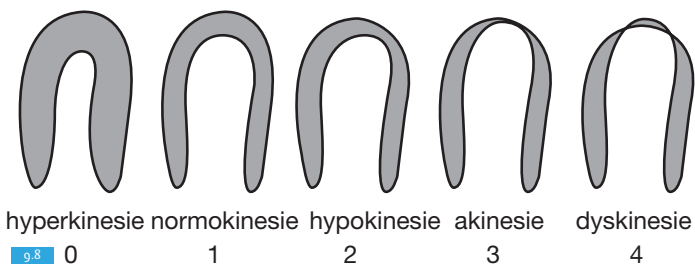


9.6



Figuur 9.7

Voor de acquisitie en beoordeling kunnen meerdere opnamen gelijktijdig, getriggert op het ECG, op een scherm worden afgebeeld, zodat vergelijking van dezelfde opnamen in rust en bij inspanning direct mogelijk wordt, net als de vergelijking van overeenkomstige wanddelen in verschillende opnamen.



Figuur 9.8

Wall Motion Score aan de hand van bewegingspatronen en wandverdikking. Niet getekend: aneurysmatisch = 5.

met trombolysie of ballondilatatie. Als er tijdig reperfusie van het afgesloten coronairvat is opgetreden, kan het tijdelijk zeer ischemische myocard nog herstellen. Dit herstel van wandverdikking treedt echter niet gelijktijdig op met de reperfusie, maar (vaak weken) later. Het myocard is gedurende enige tijd 'stunned' (bewusteloos geslagen). Ook in het geval van stunned myocard kan de levensvatbaarheid worden aangetoond bij stress-echocardiografie met behulp van een lage dosis dobutamine, waarbij de verbetering ook bij verhoging van de dosis blijft bestaan.

9.6 Protocollen

Er zijn verschillende inspannings- en farmacologische stress-protocollen. Een voorbeeld van een veelgebruikt protocol staat in figuur 9.6.

Voor goed gebruik van stress-echocardiografie moet voldoende ervaring worden opgebouwd en dient men te beschikken over computerfaciliteiten in het echo-apparaat zelf of over een werkstation. Deze zogenaamde digitale echocardiografie met cine-loopfunctie en een geschikt stress-echo-analysepakket zijn noodzakelijk voor de acquisitie en beoordeling van de multiële echo-opnamen. Meerdere opnamen kunnen gelijktijdig, getriggert op het ECG, op het scherm worden afgebeeld (fig. 9.7), zodat vergelijking van dezelfde opnamen in rust en bij inspanning direct mogelijk wordt, net als de vergelijking van overeenkomstige wanddelen in verschillende opnamen. Zeer behulpzaam en onmisbaar voor een betrouwbare beoordeling is dat de computer de cine-loops die bij verschillende hartfrequenties zijn opgenomen (in rust en bij stress), synchroon afspeelt alsof er in rust en bij stress een gelijke hartfrequentie bestaat. Dit maakt een zeer directe vergelijking tussen de beweging en verdikking van verschillende wanddelen in rust en bij inspanning mogelijk. Continue monitoring van een 12-afleidingen-ECG, bloeddruk en symptomen tijdens het onderzoek zijn van belang. De risico's zijn vergelijkbaar met de risico's van een 'standaard'-inspanningstest en de inrichting van de onderzoeksruimte dient aan dezelfde voorwaarden te voldoen.

De beoordeling van het stress-echocardiografisch onderzoek gebeurt aan de hand van de binnenwaartse wandbeweging en wandverdikking, en wordt – met een score van 0 tot 4 – geclassificeerd als hyperkinesie, normokinesie, hypokinesie, akinesie of dyskinesie (fig. 9.8).

Tabel 9.1	Wandbewegingen bij stress-echo.
normaal	toename contractiliteit
ischemie	nieuwe WMA
vitaliteit	verbetering WMA: <ul style="list-style-type: none"> • stunning: blijvende verbetering • hibernation: bifasische reactie

WMA = wall motion abnormality

Ischemie is het ontstaan van een nieuwe wandbewegingsabnormaliteit, terwijl bij vitaliteit een verbetering van de wandbeweging wordt gezien (tabel 9.1). Voor de diagnose myocard-ischemie is er geen duidelijk verschil tussen de accuraatheid en prognostische waarde van dobutamine-echocardiografie vergeleken met inspanningsechocardiografie. Inspanningsechocardiografie heeft het voordeel dat de inspanning fysiologisch is, maar het vereist meer vaardigheid en ervaring om een goede kwaliteit beeldvorming te krijgen. Voor patiënten die zich niet kunnen inspannen, is dobutamine geïndiceerd. Dit heeft een snelle werking en snel herstel na staken, en de effecten kunnen ook worden tegengegaan met een bètablokker intraveneus. Voor detectie van vitaliteit is een lage en hoge dosis dobutamine-echocardiografie de beste stress-methode.

De voor- en nadelen van de verschillende stress-onderzoeken zijn samengevat in tabel 9.2.

In principe worden tijdens elk stadium opnamen gemaakt van de standaardscanvlakken door de LV, waarbij ten minste vier van de vijf scanvlakken gedurende het onderzoek steeds worden herhaald. Meestal wordt gekozen tussen de PLAX en de AP3CH, afhankelijk van de beeldkwaliteit, en verder worden de PSAX (niveau papillairsieren), de AP2CH en AP4CH aanbevolen.

9.7 Nieuwe toepassingen

Nieuwe toepassingen van stress-echocardiografie betreffen vooral dopplermetingen bij patiënten met inspanningsgebonden dyspnoe klachten of een hartklepziekte van onduidelijke ernst. De meeste hartklepaandoeningen hebben een dynamische component. Bij symptomatische patiënten met een aortastenose met een lage gradiënt bij verminderde LV-functie wordt dobutamine-echocardiografie gebruikt om het onderscheid te kunnen vaststellen tussen een relatieve en gefixeerde aortaklepstenose. Wanneer de LVOT slecht te meten is kan de Velo-

city-ratio gebruikt worden, waarbij de ernst van de stenose wordt berekend met PW-doppler voor de LVOT en CW-doppler voor de aortaklep (zie hoofdstuk 13). Bij patiënten met een (matige) mitralisstenose kan een toename van de gemiddelde transmitrale gradiënt en van de pulmonaaldruk bij inspanning helpen bij de klinische besluitvorming. Ook bij patiënten met een ischemische (dynamische) mitralisinsufficiëntie worden veranderingen in het effectief regurgiterend deel van het oppervlak (zie hoofdstuk 12) waargenomen die niet in rust voorspeld kunnen worden.

Inspanningsechocardiografie bij patiënten met inspanningsgebonden dyspnoe kan een verhoogde pulmonaaldruk (piek TI) en een verhoogde vullingsdruk (E/E') opsporen. Inspanningsechocardiografie kan goed worden uitgevoerd op een speciaal te roteren ligbed, waarbij de patiënt naar links wordt gekanteld. Hierbij wordt een olopemde belasting van 25 watt per 3 minuten gebruikt; 2D- en doppleropnamen worden in rust, tijdens maximale inspanning en direct na de inspanning gemaakt. Dit heeft een gelijkwaardige diagnostische waarde als met behulp van rechtop fietsen.

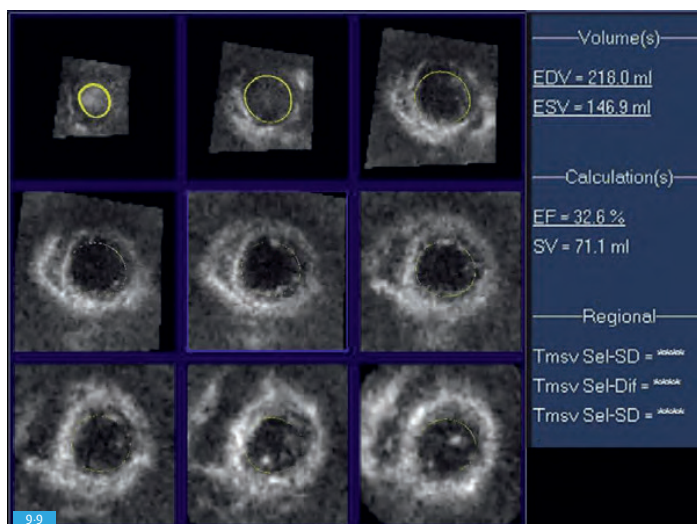
Dus naast de traditionele wandbewegingsstoornissen die aangetoond kunnen worden met 2D-stress-echocardiografie, hebben dopplermetingen bij inspanning en dobutamine, een toegevoegde diagnostische waarde gekregen in de cardiologische praktijkvoering.

9.8 Stopcriteria

De inspanningscardiografie of stress-echocardiografie moet worden gestaakt, indien de traditionele eindpunten worden bereikt, zoals de gewenste hartfrequentie, cardiovasculaire symptomen en significante ECG-veranderingen suggestief voor myocard-ischemie of ritmestoornissen. Daarnaast zijn evidente nieuwe wandbewegingsstoornissen (in meer dan twee segmenten) en/of ventrikeldilatatie

Tabel 9.2 Voor- en nadelen van de verschillende stress-onderzoeken.

Type stress	Voordelen	Nadelen
<i>Inspanning</i>		
lopende band	vaak beschikbaar	beeldvorming alleen direct na inspanning
fiets	beeldvorming tijdens test	technisch moeilijk
ligfiets	beeldvorming tijdens test	lager inspanningsniveau liggen beïnvloedt de fysiologie
<i>Farmacologisch</i>		
dobutamine	continue beeldvorming geen fysieke activiteit nodig	bijwerkingen stressniveau niet altijd maximaal
dipyridamol	continue beeldvorming geen fysieke activiteit nodig	bijwerkingen niet altijd ischemie (ander fysiologisch substraat)



Figuur 9.9

Reconstructie van negen LV korte-assen, verkregen uit een real-time 3D 'full volume' apicale opname van de linkerventrikel. Het is mogelijk om de verdikking per segment goed en vergelijkbaar te beoordelen. Linksboven is de apex, van links naar rechts gaan de doorsneden meer richting de basis, rechtsonder de meest basale korte-asdoorsnede.

en/of globale LV-disfunctie tijdens de test, stopmomenten voor de stress.

De stress-test wordt over het algemeen goed verdragen. Sommige patiënten hebben milde symptomen zoals hartkloppingen, tremoren, en sensaties van 'licht in het hoofd'. Serieuze risico's, zoals ventriculaire hartritme stoornissen, myocardinfarct, lage bloeddruk en mortaliteit (< 0.01%), zijn uiterst beperkt, minder dan 0.3% (1 op de 330 patiënten).

9.9 Voordelen en nadelen van stress-echocardiografie

Het belangrijkste voordeel van stress-echocardiografie is de flexibiliteit van het onderzoek en de toepassingsmogelijkheden. Stress-echocardiografie geeft informatie omtrent de aanwezigheid en uitgebreidheid van myocard-ischemie. Daarnaast kan het rust-echocardiogram belangrijke informatie geven over ziekten van het myocard, kleppen en pericard. Deze additionele informatie kan bruikbaar zijn voor het identificeren van cardiale pathologie die klachten van angina pectoris kan nabootsen.

Voorts is stress-echocardiografie niet-invasief, heeft het geen stralingsbelasting voor de patiënt en zijn of haar omgeving, is het overal inzetbaar en is er slechts een korte periode nodig voor de beoordeling van de test. Stress-echocardiografie is ook aanzienlijk goedkoper dan nucleair stress-onderzoek.

Stress-echocardiografie heeft enkele beperkingen. De betrouwbaarheid is afhankelijk van de kundigheid van de echografist en de expertise van de cardioloog die de test beoordeelt. Zowel de echografist als de cardioloog moeten goed geschoold zijn om de test accuraat te kunnen uitvoeren (ten minste vijf-

tig, liefst meer dan honderd, stress-echoprocedures per jaar per echografist en cardioloog). Inadequate beeldvorming is een beperking die deels kan worden ondervangen door toepassing van intraveneuze contrastmiddelen gecombineerd met tweede harmonische beeldvorming (zie hoofdstuk 10). Met deze technieken is bij de meeste patiënten stress-echocardiografisch onderzoek haalbaar. Transoesofageaal onderzoek met dobutamine of atriaal pacen kan worden toegepast bij patiënten met een slecht transthoracaal venster.

9.10 Driedimensionale stress-echocardiografie

Met 3D-stress-echocardiografie, de nieuwste ontwikkeling op dit gebied, is het inmiddels mogelijk om in één enkele hartslag de gehele linkerkamer ('full volume' acquisitie vanaf de apex) op te nemen (zie hoofdstuk 3). Daardoor zijn de opnamen in rust en stress volledig vergelijkbaar, treedt er geen verkorting op van de lengte-as van de LV en kunnen meerdere korte-as-opnamen gereconstrueerd worden, die loodrecht worden verkregen vanaf de werkelijke lengte-as van de linkerkamer (figuur 9.9). De wandverdikking, die essentieel is voor de beoordeling, kan zo gemakkelijker segmentaal worden bekeken.

Met 3D-echocardiografie worden dus zowel een verbetering qua acquisitieduur (in één enkele hartslag), minder echografistafhankelijkheid wat betreft de doorsneden en beter reproduceerbare beoordelingen bereikt. Ook hier kan, net als bij de 2D-stress-echocardiografie, echocontrast behulpzaam zijn bij verminderde beeldkwaliteit, indien twee of meer segmenten niet te beoordelen zijn in de niet-contrastopname(n).

Literatuur

- Armstrong VF, Pellika PA, Ryan T, et al. Stress echocardiography: Recommendations for performance and interpretation of stress echocardiography. *J Am Soc Echocard* 1998;11:97-104.
- Geleijnse ML, Fioretti PM, Roelandt JR. Methodology, feasibility, safety and diagnostic accuracy of dobutamine stress echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:595-606.
- Lualdi JC, Douglas PS. Echocardiography for the assessment of myocardial viability. *J Am Soc Echocardiogr* 1997;10:722-81.
- Marcovitz PA. Exercise echocardiography. In: CM Otto, The practice of clinical echocardiography. Philadelphia: WB Saunders Company, 2002.
- Marwick TH. Stress echocardiography with non-exercise techniques. In: CM Otto, The practice of clinical echocardiography. Philadelphia: WB Saunders Company, 2002.
- Marwick TH, Mehta R, Arheart K, Lauer MS. Use of exercise echocardiography for prognostic evaluation of patients with known or suspected coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:83-90.

Poldermans D, Arnese M, Fioretti PM, et al. Improved cardiac risk stratification in major vascular surgery with dobutamine stress echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1995;26:648–653.

Sicari R, Nihoyannopoulos P, Evangelista A, et al. Stress echocardiography Expert Consensus State-

ment – Executive summary European Association of Echocardiography (EAE). *Eur J Echocardiogr* 2008;4:415-37. *Eur Heart J* 2008; online November 11, 2008.

Weyman AE: Principles and practice of echocardiography. Philadelphia: Lea & Febiger, 1994.