

Comment rechercher une ischémie myocardique en échocardiographie de stress ?

Franck Levy, Christophe Tribouilloy

L'échocardiographie de stress permet une évaluation de la fonction cardiaque sous différentes conditions de stress physiologique ou pharmacologique, en particulier la recherche d'une ischémie myocardique en précisant sa localisation segmentaire et son extension. Cet examen nécessite une méthodologie rigoureuse et une courbe d'apprentissage tant dans l'acquisition des images que dans leur interprétation.

Quelques règles de base avant de commencer :

- vérifier le sevrage en bêtabloquants pour l'échographie dobutamine ;
- vérifier l'absence de contre-indication à la réalisation de l'examen (sténose aortique serrée, thrombus intraventriculaire, etc.) et à l'injection des médicaments utilisés. En cas d'HVG marquée, ne pas oublier que la performance diagnostique du test est moins bonne ;
- vérifier que l'accès veineux est de bonne qualité.

Protocoles de réalisation de l'examen

Échocardiographie de stress à la dobutamine

- Recherche d'ischémie myocardique ([figure 21.1](#)) : perfusion continue à doses progressivement croissantes de dobutamine par paliers de 2 à 3 minutes : 10 puis 20, 30 et 40 $\mu\text{g/kg/min}$.

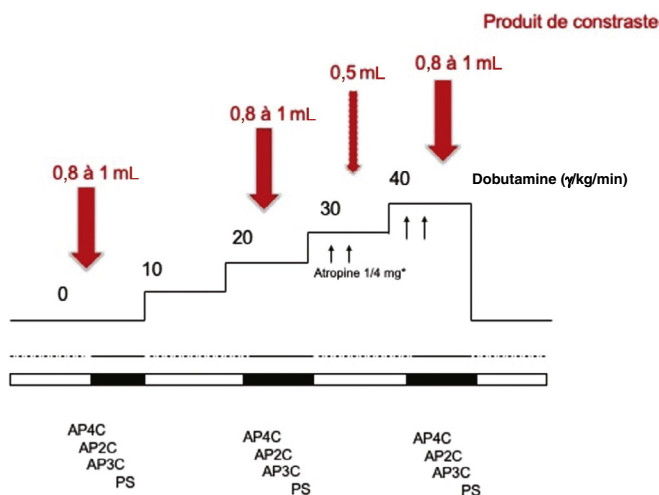


Figure 21.1. Protocole de l'échocardiographie de stress à la dobutamine.

- Injection d'**atropine** (0,25 mg) selon la réponse (en l'absence de contre-indication) :
 - à partir du palier de 20 ou 30 $\gamma/\text{kg}/\text{min}$ de dobutamine ;
 - toutes les minutes ;
 - maximum 1 mg.
- *Handgrip* (serrer des balles en mousse) à partir de 20 $\gamma/\text{kg}/\text{min}$.
- Injection de bêtabloquants (ex. : aténolol à petites doses répétées) à l'arrêt de la dobutamine selon la pression artérielle ou inhibiteurs calciques si contre-indication aux bêtabloquants.
- Reprise du traitement bêtabloquant *per os* habituel.
- Comme à l'effort, la variation de Fc doit être progressive et régulière pour une meilleure tolérance de l'examen.

Échocardiographie d'effort

- Sur table inclinable en position demi-assise.
- Protocoles utilisés pour les ergométries sur bicyclette selon les habitudes.
- Protocole adapté au patient (âge, corpulence, entraînement à l'effort).
- Selon la performance attendue, 25 W/2 min (avec un 1^{er} palier à 50 W) ou 30 W/3 min. Le protocole doit être suffisamment abrupt pour démasquer une ischémie myocardique.
- Récupération active de 1 à 2 minutes.

Acquisition des images

- 5 incidences : PSGA, PSPA et 3 apicales (figure 21.2).

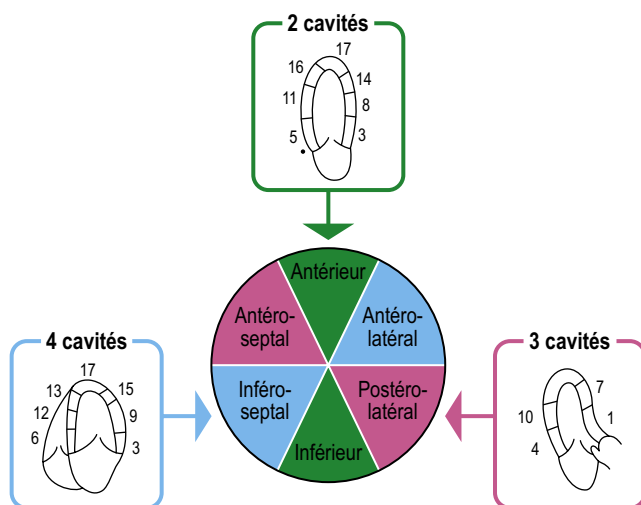


Figure 21.2. Coupes apicales 4, 2 et 3 cavités et nomenclature des segments myocardiques.

Source : dessin de Carole Fumat.

- Boucles de la cinétique segmentaire VG acquises dans le protocole de stress de l'échographe selon un ordre préétabli (selon les habitudes).
- Ne pas trop « zoomer » sur le VG et prendre un peu de recul par rapport à l'écran de l'échographe.
- Acquisition des coupes apicales la plus basse possible, en jouant sur la respiration du patient.
- Choisir l'espace intercostal et le temps respiratoire optimaux de façon à obtenir une visualisation satisfaisante des parois et en particulier de la paroi antérieure.
- Attention ! Une acquisition trop haute risque de tronquer les segments apicaux (*foreshortening*) et de faire rater des anomalies de la cinétique segmentaire ou une séquelle apicale ou un thrombus ++.
- Sur le thorax du patient, repérer les fenêtres d'acquisition utilisées au repos pour les retrouver en cours d'examen.
- Acquisition des boucles répétée aux différents paliers en prenant soin d'obtenir des coupes parfaitement superposables aux coupes acquises au repos.
- Acquisition systématique de boucles dans les 5 incidences en fin de 1^{er} palier ou fin du palier 20 γ /kg/min (palier faible dose) pour l'étude de la réserve contractile VG et de la viabilité.
- Acquisition de boucles aux paliers intermédiaires en fonction des habitudes et de l'apparition de doutes sur la cinétique segmentaire pendant l'examen et pour déterminer le seuil ischémique : il vaut mieux trop de boucles que pas assez ++.
- Monitoring régulier de la cinétique : balayage échographique à partir des coupes apicales (4-2-3 cavités) en général, pendant tout l'examen sans acquisition systématique de boucles. Une acquisition de chaque incidence à chaque palier est possible selon les habitudes.

- Acquisition systématique à 85 % de la fréquence maximale théorique (FMT), au pic de l'examen ou lors de l'arrêt de l'examen (douleur thoracique, trouble du rythme, etc.).
- Acquisition en récupération (diminution d'environ 10 battements par rapport au pic) après l'injection de bêtabloquants pour l'échographie dobutamine.
- Surveillance clinique, ECG et échographique en cas de positivité du test.
- Attention à l'hypotension orthostatique lors du lever.
- Surveillance de la reprise de la miction si injection d'atropine.

Utilisation de produit de contraste

- Lorsque l'échogénicité est imparfaite (au moins 2 segments non ou mal visualisés), l'injection de produit de contraste (microbulles, ex. : Sonovue®) permet d'améliorer la visualisation des limites de l'endocarde.
- Administration en continu ou en bolus de 0,5-1 mL (cf. figure 21.1).

Méthode d'interprétation

- L'échocardiographie de stress est une imagerie fonctionnelle visant à créer une ischémie en accélérant la Fc.
- Il se crée une différence entre demande et apport d'oxygène au muscle induisant une diminution de la contraction myocardique.
- On visualise donc les conséquences des anomalies de perfusion myocardique qui se traduisent par une altération de la contraction myocardique (et non directement les anomalies de perfusion myocardique comme en scintigraphie ou en IRM de stress).
- L'ischémie se traduit en échographie :
 - soit par une altération de la **qualité et de la quantité d'épaississement** myocardique (hypokinésie) ;
 - soit par une anomalie de la **chronologie de la contraction** (pic de contraction tardif par rapport aux autres segments : « tardokinésie » ou contraction post-systolique).
- Dégradation de la cinétique segmentaire au cours du stress dans au moins 2 segments contigus.

Analyse méthodique

- Analyse des boucles acquises en *quad screen* (figure 21.3A) permettant la comparaison de cinétique segmentaire et globale entre les différents stades.
- Boucles acquises au pic comparées à celles du 1^{er} palier et de la récupération où la contractilité des segments normaux est « supranormale » (figure 21.3B).
- Comparaison entre repos et faible dose : analyse de la réserve contractile globale VG, de la viabilité.
- L'analyse des niveaux intermédiaires peut être très informative pour confirmer ou infirmer l'apparition d'une anomalie segmentaire et en définir le seuil d'apparition (seuil ischémique). La récupération est également très informative et utile pour la comparaison avec le pic (notamment pour le VTS).

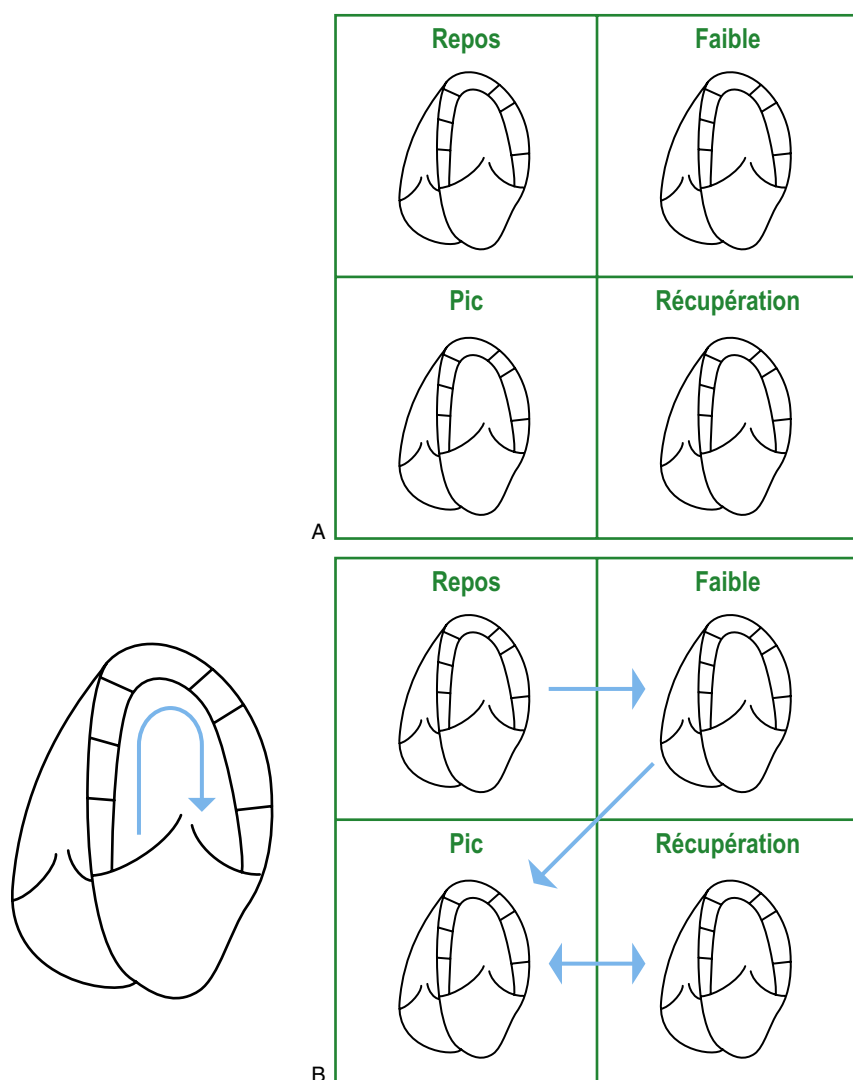


Figure 21.3. Analyse de l'examen.

A. Présentation des boucles en *quad screen*. B. Méthode d'analyse et de comparaison des boucles acquises.

Source : dessins de Carole Fumat.

- La variation de la vitesse de défilement (ralentissement ou au contraire accélération) peut être informative en mettant en évidence des asynchronismes entre les parois.
- L'analyse de chaque boucle peut se faire :
 - en étudiant la fonction VG globale et la taille du VTS à chaque palier :

- une dysfonction VG systolique peut signer une atteinte tritronculaire en échographie à la dobutamine,
- *a contrario*, une augmentation du VTS avec diminution de la FEVG peut se voir en cas de poussée hypertensive lors d'une échographie d'effort ;
- en étudiant la forme globale du VTS (VG en angle aigu à la pointe ou au contraire aspect globuleux) (figure 21.4) ;

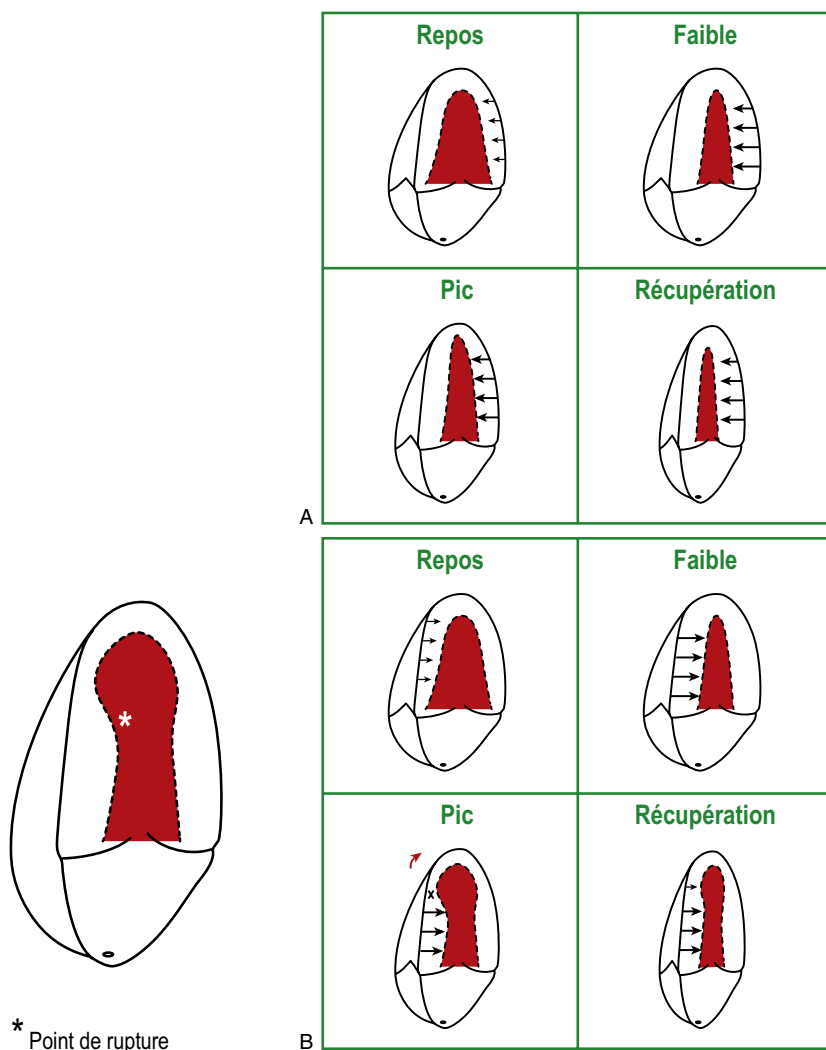


Figure 21.4. Évolution schématique du volume télédiastolique au cours de l'effort.

A. Évolution normale. B. Évolution pathologique avec présence d'un « point de rupture », charnière entre le segment ischémique et le segment normokinétique.

Source : dessins de Carole Fumat.

- en étudiant la quantité et la chronologie de contraction de chaque segment en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre (cf. [figure 21.3B](#)). L'analyse doit être comparative par rapport aux segments de la paroi opposée et par rapport aux autres paliers (en particulier le faible et la récupération) ;
- en repérant les asynchronismes entre les parois (tardokinésie d'un ou plusieurs segments par rapport aux autres segments normocontractiles) : par exemple, une rotation anormale de la pointe avec ascension de la paroi latérale et déplacement horizontal de l'apex vers le septum en 4 cavités, signant une ischémie dans le territoire circonflexe ;
- en repérant les « points de rupture » ou « zones charnières » qui marquent la transition entre un segment normo- ou hypercontractile et le segment adjacent hypo- ou akinétique (cf. [figure 21.4B](#)).

La réponse normale et pathologique en échographie dobutamine et d'effort est résumée dans le [tableau 21.1](#).

Différence d'interprétation entre échographie d'effort et sous dobutamine

Différence majeure d'évolution du VTS entre les deux techniques :

- en échographie d'effort : le VTS diminue physiologiquement au cours de l'effort comme présenté schématiquement sur la [figure 21.4A](#). L'absence de diminution du VTS

Tableau 21.1. Synthèse des différents types de réponses selon les modalités de l'échographie de stress.

Méthode de stress	Réponse globale normale	Réponse globale pathologique	Réponse segmentaire normale	Réponse segmentaire ischémique
Dobutamine	– Diminution du VTD – Diminution importante du VTS – Augmentation importante de la FEVG	– Diminution de la FEVG – Dilatation du VG ou absence de réduction cavitaire (atteinte pluritrunculaire ou du tronc commun ?)	Hyperkinésie marquée +++	– Hypokinésie segmentaire – Tardokinésie
Effort	– Faible augmentation du VTD – Diminution du VTS +++ – Augmentation de la FEVG	– Augmentation du VTD – Augmentation du VTS +++ (surtout par rapport au palier faible effort) – Diminution de FEVG (atteinte pluritrunculaire ou du tronc commun) – Attention si HTA +++	Hyperkinésie moins marquée qu'en dobutamine	– Hypokinésie par rapport aux segments adjacents – Augmentation du VTS associé – VTS « déformé » – Signe de « Chau-ber », tardokinésie

FEVG : fraction d'éjection ventriculaire gauche ; HTA : hypertension artérielle ; VTD : volume télédiastolique ; VTS : volume téléstolique.

au pic ou son augmentation par rapport au 1^{er} palier doit faire suspecter la présence d'ischémie ou une poussée hypertensive majeure (excès de post-charge) (cf. [figure 21.4B](#)). L'échogénicité peut devenir meilleure au fur et à mesure de l'examen en lien avec l'augmentation de l'amplitude des mouvements diaphragmatiques ;

■ en échographie dobutamine : diminution systématique du VTS même en cas d'ischémie (hormis atteinte pluritrunculaire majeure ou atteinte du tronc commun). La suspicion d'ischémie repose uniquement sur l'analyse de la contractilité segmentaire. L'apparition d'une obstruction intra-VG est possible (avec parfois un SAM) mais n'a pas de valeur pronostique ou diagnostique particulière. L'association avec des troubles de la cinétique apicale sans lésion coronaire est parfois décrite. En l'absence d'augmentation du retour veineux liée à l'effort, les cavités cardiaques ont tendance à diminuer de taille au pic du stress et l'acquisition des images est parfois difficile dans ces conditions.

Analyse segmentaire et corrélation avec l'anatomie coronaire

Compte rendu et segmentation myocardique

- Utiliser la segmentation myocardique à 17 segments ([figure 21.5A](#)).
- Présentation en œil-de-bœuf ([figure 21.5B](#)) fréquemment utilisée : permet une standardisation par rapport aux autres techniques d'imagerie.
- Existence d'une corrélation entre la vascularisation coronaire et chaque segment myocardique (cf. [figure 21.5](#)). Des variations peuvent survenir en fonction de la répartition individuelle de l'anatomie coronaire. Par exemple, le segment apical de la paroi inférieure peut être vascularisé par l'interventriculaire antérieure ou la coronaire droite. De même, le territoire postérolatéral peut dépendre de la coronaire droite selon la dominance.
- Segments « sentinelles » (cf. [figure 21.5A](#)) : apparition de trouble de la cinétique dans certains segments peut être représentative de l'atteinte de l'un des troncs coronaires. Par exemple, une anomalie du segment basal de la paroi inféroseptale peut traduire une atteinte coronaire droite (distale), le segment apical de la paroi septale peut traduire une atteinte de l'interventriculaire antérieure, de même pour le segment basal de la paroi latérale qui peut traduire une atteinte de la circonflexe distale ou de la marginale. L'analyse de ces segments spécifiques, qu'elle soit visuelle ou par l'analyse de la déformation myocardique (*strain*) au cours de l'examen, peut orienter précocement sur la positivité échographique du test ([figure 21.6](#)).

Quantification de l'extension de l'ischémie

- Nombre de segments ischémiques sur 17.
- Quantification de la contractilité régionale par un score de 1 (contraction normale) à 5 :
 - un segment montrant une réduction de la contractilité est dit hypokinétique et coté à 2 ;
 - un segment ne montrant pas d'épaississement est dit akinétique et coté à 3 ;

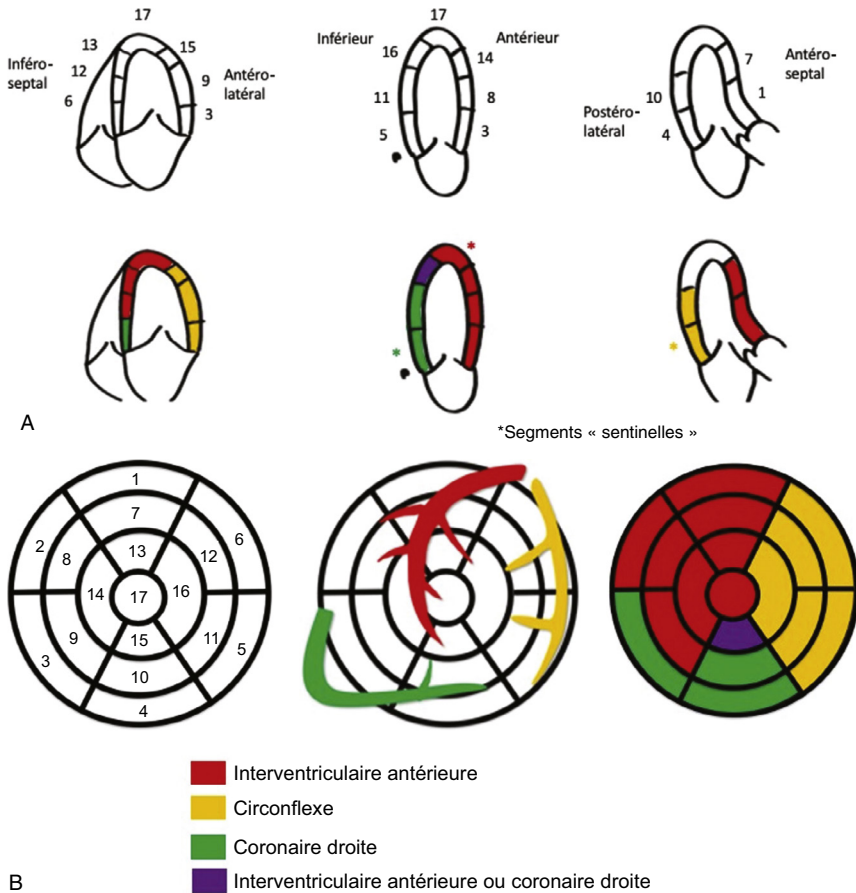


Figure 21.5. Segmentation myocardique et coronaire.

A. Fractionnement en 17 segments sur les 3 coupes apicales. En couleur, correspondance avec la vascularisation coronaire. B. Présentation en « œil-de-bœuf » et correspondance avec la vascularisation coronaire.

- un mouvement paradoxal durant la systole d'un segment est appelé dyskinésie et coté à 4 ;
 - un anévrisme reste déformé pendant la diastole et est coté à 5.
- Le score de contractilité segmentaire (*Wall Motion Score Index*) peut être rapporté à chaque palier. Il est la somme des scores segmentaires divisée par le nombre de segments cotés.

Seuil ischémique

Seuil de Fc à partir duquel apparaît l'ischémie myocardique. Plus le seuil est bas et plus l'intérêt de revasculariser augmente.

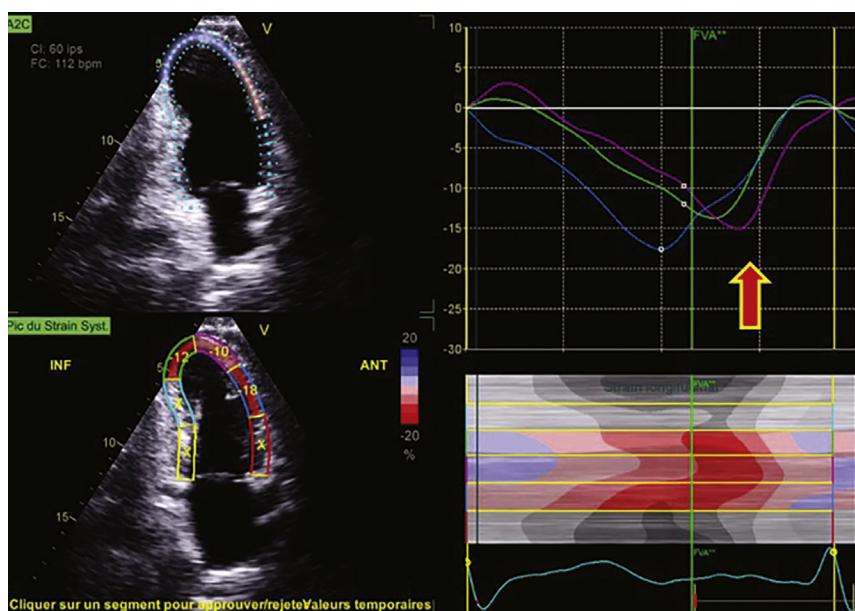


Figure 21.6. Analyse de la déformation myocardique segmentaire au pic de stress en coupe 2 cavités mettant en évidence un retard du pic de déformation systolique au niveau du segment antéro-apical (violet), appelée contraction post-systolique évoquant une ischémie au niveau de ce segment.



Trucs et astuces

- Analyse globale puis segmentaire : taille et forme globale du VTS (angle aigu ou globuleux à la pointe), puis analyse segment par segment en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre. Comparaison avec le niveau « faible » et la récupération pour chaque coupe.
- Repérer les « points de rupture » ou « zones charnières » entre les segments hypokinétiques et normokinétiques.
- Penser aux segments « sentinelles » : segment basal de la paroi inféroseptale, segment apical de la paroi septale, segment basal de la paroi latérale.
- Regarder le VD (taille, cinétique) en cas d'ischémie dans le territoire de la coronaire droite.
- Mentionner dans le compte rendu l'extension de l'ischémie (nombre de segments sur 17) et le seuil de Fc d'apparition de l'ischémie.
- En échographie d'effort, tenir compte du niveau de pression artérielle (= post-charge) !
- Jeter un œil à la présence d'une IM ou d'un niveau de pression pulmonaire anormalement élevé pour le niveau d'effort.



Pièges et situations difficiles

- En présence d'un bloc de branche gauche ou d'un pacemaker avec asynchronisme intraventriculaire marqué, l'analyse de la cinétique segmentaire est difficile et repose sur l'étude de l'épaississement myocardique uniquement. L'étude de la paroi antérieure, qui n'est normalement pas impactée par l'asynchronisme, aide également pour diagnostiquer une atteinte de l'interventriculaire antérieure.
- Ne pas hésiter à utiliser du produit de contraste si l'échogénicité est insuffisante.
- Attention à ne pas confondre tardokinésie et relaxation précoce d'un segment : se repérer sur le QRS et analyser image par image en cas de doute.
- Une acquisition trop haute risque de tronquer les segments apicaux (*foreshortening*) et de faire rater des anomalies de la cinétique segmentaire ou une séquelle apicale, voire un thrombus.