

Guide pour la rédaction de protocoles pour la ventriculographie isotopique à l'équilibre

Rédaction: Société Française de Médecine Nucléaire et Imagerie Moléculaire (SFMN)

Version: 1.0

Date de dernière mise à jour : 20/06/2006

Responsable de la rédaction: D. Daou, P. Merlet

Membres du comité de rédaction : C. Coaguila, D. Daou, F. Rouzet, D. Le Guludec

Membres du comité de validation : M. Bourguignon, F. Brunotte, I. Gardin, G. Karcher, F. Moati, R. Le Net, A. Prigent, B. Tillon, J.M. Vinot

Date de la ratification par le conseil d'administration de la SFMN : 21/06/2006

Adresse internet où la procédure peut être chargée: www.sfbmn.org

But du guide: Aider les responsables et le personnel des services de médecine nucléaire français à rédiger les protocoles et modes opératoires de réalisation des examens en conformité avec les directives EURATOM du conseil de l'Union Européenne en particulier la directive 97/43, le code de la santé publique, la jurisprudence française sur l'information des patients, les recommandations des groupes de travail français, européens et nord-américains, le résumé des caractéristiques des produits (RCP) validé par l'Union Européenne et repris dans la notice pour l'utilisateur distribuée par le fabricant pour chaque médicament radiopharmaceutique disposant d'une AMM.

Mise en garde: Le guide est destiné aux seuls spécialistes de médecine nucléaire. Les recommandations qu'il contient peuvent ne pas s'appliquer au cas particulier de chaque patient. La Société Française de Médecine Nucléaire et Imagerie Moléculaire décline toute responsabilité quant aux conséquences d'erreurs qui se seraient glissées dans la reproduction ou la transformation de ce document.

I- INFORMATIONS ET DEFINITIONS PREALABLES

La ventriculographie isotopique à l'équilibre (ou angioscintigraphie à l'équilibre) est un examen de réalisation simple et d'une excellente reproductibilité

Cette méthode fournit une série d'images composites du cycle cardiaque à partir des données d'un grand nombre de cycles cardiaques synchronisés grâce au signal physiologique de l'électrocardiogramme.

Les informations obtenues concernent :

- les fonctions systoliques et diastoliques globales du ventricule gauche (VG) et du ventricule droit (VD),

- les volumes ventriculaires gauches (estimation visuelle et quantification),
- les fonctions systoliques et diastoliques régionales du VG,
- la cinétique régionale du VG et du VD,
- le rapport des volumes d'éjection,
- la réponse à l'exercice ou sous stress des paramètres mentionnés ci-dessus.

Le principal paramètre obtenu est la fraction d'éjection ventriculaire gauche (FEVG)

II- INDICATIONS

Indications reposant sur des essais avec répartition aléatoire des sujets, méta-analyses, passages en revue systématiques

La ventriculographie isotopique à l'équilibre permet en particulier une quantification fiable de la fraction d'éjection VG et des volumes VG. La valeur pronostique de la FEVG chez les patients cardiaques est validée par de nombreuses études. Nous citerons les principales indications où l'usage de cette technique a été validé

L'évaluation de la fonction cardiaque dans la maladie coronarienne, notamment

- patients avec une maladie coronarienne connue sans antécédent d'infarctus du myocarde (IDM),
- patients avec un antécédent d'IDM,
- patients avec un épisode aigu d'IDM,
- patients après revascularisation myocardique,
- patients sous traitement avec des inotropes négatifs (bêta-bloquants, anticalciques).

L'insuffisance cardiaque : La ventriculographie permet de préciser la part des troubles de la fonction systolique et celle des troubles de la fonction diastolique et d'établir un suivi sous traitement.

L'évaluation de la fonction ventriculaire gauche avant, pendant et après chimiothérapie avec des médicaments cardiotoxiques (exemple: anthracyclines).

Les maladies valvulaires

La recherche d'une dysplasie arythmogène du ventricule droit.

La recherche étiologique devant une dyspnée non expliquée par une pathologie respiratoire.

Indications reposant sur des travaux d'expérimentation ou d'observation fiables

Chez les malades anéchogènes, la ventriculographie isotopique à l'équilibre sous faible dose de dobutamine peut contribuer à l'évaluation de la viabilité myocardique.

La ventriculographie isotopique à l'équilibre peut contribuer à la recherche des voies de stimulations accessoires dans la maladie de Wolf-Parkinson-White.

La ventriculographie isotopique à l'équilibre, à l'effort ou sous dobutamine peut être utilisée dans la détection et ou la stratification du risque dans la cardiopathie ischémique mais elle a

été largement remplacée dans cette indication par la tomoscintigraphie myocardique de perfusion myocardique.

Indications reposant sur d'autres éléments probants lorsque les conseils se fondent sur des avis d'experts et sont validés par des instances faisant autorité.

Sans objet

III- CONTRE-INDICATIONS

La réalisation d'une ventriculographie isotopique à l'équilibre est contre-indiquée chez la femme enceinte.

L'allaitement éventuel doit être interrompu pendant une durée à adapter suivant l'activité injectée (voir paragraphe V.B).

IV- REALISATION DE L'EXAMEN

Le patient sera informé du déroulement de l'examen.

Avant toute injection, un trouble de rythme pouvant dégrader la qualité de l'examen devrait être recherché et l'ajournement de l'examen discuté.

Les médicaments radiopharmaceutiques contenant des produits dérivés du sang humain (cas de l'albumine humaine) sont soumis aux règles particulières des MDS (Médicaments dérivés du sang). A ce titre, une information spécifique, notifiée et signée sur la feuille de traçabilité correspondante, doit être faite au patient.

A. Informations souhaitables pour un examen de qualité

- indication de l'examen,
- recueil des antécédents médicaux et, en particulier, des antécédents cardiovasculaires,
- recueil des résultats des précédents examens cardiaques (épreuves d'effort, échocardiographie, coronarographie),
- identification des médicaments, pris le jour du test ou arrêtés intentionnellement auparavant,
- recherche des contre-indications à la réalisation des techniques de stress: épreuve d'effort, test à la dobutamine.

B. Information et préparation du patient

Pour la ventriculographie isotopique au repos

- aucune préparation n'est nécessaire,
- il n'est pas nécessaire d'arrêter les médicaments en cours,
- il faut s'assurer d'un bon signal ECG (électrodes bien placées, signal ECG non parasité etc.).

Pour la ventriculographie isotopique de stress

- le patient doit être cliniquement et hémodynamiquement stable,
- il est souhaitable que le patient soit à jeun pendant 3-4 h avant la réalisation de l'examen (pour ne pas gêner la réanimation en cas de survenue de complications graves liées au stress),
- il est préférable que le stress et le repos soient réalisés avec le patient dans la même position,
- pour les patients incapables de réaliser un exercice, une stimulation pharmacologique avec un agent inotrope positif peut être réalisée,

- il est souhaitable d'arrêter tout traitement susceptible d'altérer la réponse de la fréquence cardiaque (bêtabloquants, etc.), si cela n'est pas médicalement contre-indiqué et après concertation avec le médecin traitant,
- il faut s'assurer d'un bon signal ECG (électrodes bien placés, signal ECG non parasité etc.).

C. Précautions

Conformément à l'article 10 de la Directive 97/43/Euratom du 30 juin 1997, dans le cas d'une femme en âge de procréer, le médecin ordonnateur et le praticien vérifient l'absence de grossesse, si nécessaire en réalisant un test de grossesse.

En cas d'allaitement, les précautions sont indiquées en V.B

Les patients présentant un risque potentiel de rythme cardiaque instable (ex: tachycardie supra ventriculaire / ventriculaire paroxystique) ou avec des stimulateurs cardiaques (défibrillateur cardiaque) doivent être sous étroite surveillance, en particulier s'ils sont soumis à un stress.

Effets secondaires théoriques ou potentiels

Les effets secondaires possibles sont dans la grande majorité des cas liés à la réalisation du stress.

Matériel de réanimation

Il est indispensable que l'ensemble du matériel de réanimation soit régulièrement vérifié.

Si on utilise la dobutamine comme mode de stress, il faut disposer d'un bêta-bloquant injectable par voie IV d'action rapide et brève comme l'esmolol (Brevibloc), ainsi que d'un inhibiteur calcique injectable : le diltiazem (Tildiem), qui peut être utilisé en cas de contre-indication aux bêta-bloquants.

Interférences médicamenteuses possibles

Certains médicaments comme les anticancéreux, l'héparine ou certaines situations cliniques telles que l'insuffisance rénale peuvent diminuer le taux de fixation du pyrophosphate sur les globules rouges et être à l'origine d'un mauvais rendement du marquage radioactif in vivo.

D. Radiopharmaceutiques

Caractéristiques physiques des radionuclides utilisés

Radionucléide	Mode de décroissance	Période	Energie γ
Tc-99m	désexcitation isomérique	6 h	140 keV

Caractéristiques des molécules vectrices utilisées

Trois sociétés disposent d'une AMM pour quatre produits : Schering Cisbio (Angiocis et Vasculocis), Tyco Mallinckrodt (Technescan PYP), GE-Amersham (Amerscan).

L'albumine humaine marquée au Tc-99m (HSA-Tc99m).

Les globules rouges marqués in vivo

Deux à trois mg de pyrophosphate stanneux sont injectés directement par voie IV 15-30 min avant l'injection du Tc-99m. Le pyrophosphate stanneux et le Tc-99m doivent être injectés dans différents points d'injection (par exemple bras controlatéral) et il faudra éviter d'injecter le pyrophosphate dans une voie veineuse reliée à une perfusion.

Les globules rouges marqués au Tc-99m ont un volume de distribution proche de 4-7 % du poids corporel total. Environ 25 % de la dose administrée est éliminée par voie urinaire durant les premières 24 h.

Les globules rouges marqués in vivo/in vitro

Dans cette méthode de marquage, 30 min après l'administration au patient du pyrophosphate on prélève un échantillon de 6 ml de son sang et cet échantillon est mis en incubation pendant 15 min avec le Tc- 99m. Le rendement de marquage doit être supérieur à 85 % (16).

Les globules rouges marqués in vitro

Il s'agit d'une méthode exceptionnellement utilisée en pratique

Contrôle de qualité des radiopharmaceutiques

Il doit se conformer aux recommandations de la notice du fournisseur.

Pour la mise en œuvre de ces contrôles, voir le guide spécifique des contrôles de qualité.

L'activité doit être mesurée dans un activimètre avant injection au patient

Activité administrée, mode d'administration et données dosimétriques

Selon les données des AMM, l'activité injectée est de

- Chez l'adulte de 70 kg : 550-1100 MBq

- Chez l'enfant : 7-15 MBq/kg.

Pour obtenir une qualité d'imagerie adéquate, l'activité injectée devrait être adaptée au poids corporel.

Pour certains des conditions susceptibles d'altérer la fixation du ^{99m}Tc sur les globules rouges (traitement par héparine, insuffisance rénale) pourraient inciter à injecter plus de pyrophosphate. Les arythmies pourraient inciter à injecter une activité plus élevée afin de ne pas allonger de manière prohibitive le temps d'acquisition.

La dose reçue par le patient est donnée par les tableaux ci-dessous, extrait du rapport «Dosimétrie des explorations diagnostiques en Médecine Nucléaire» de la Société Française de Physique Médicale (rapport SFPM N° 19-2001).

^{99m}Tc						
HEMATIES						
Injection intra-veineuse						
DOSE ABSORBEE PAR UNITE D'ACTIVITE ADMINISTREE						
(μGy/MBq)						
Organes	Homme adulte	Femme adulte	15 ans	10 ans	5 ans	1 an
Myocarde	23	29	29	43	66	110
Reins	18	22	22	36	57	110
Poumons	18	22	22	35	56	110
Ovaires	---	4,8	4,8	7,0	11	19
Testicules	2,3	---	3,0	4,4	6,9	13
Utérus	---	4,9	4,9	7,4	11	19
Dose efficace (μSv/MBq)	6,9	8,7	8,7	14	21	39

^{99m}Tc						
SERUM ALBUMINE HUMAINE						
Injection intra-veineuse						
DOSE ABSORBEE PAR UNITE D'ACTIVITE ADMINISTREE						
(μGy/MBq)						
Organes	Homme adulte	Femme adulte	15 ans	10 ans	5 ans	1 an
Myocarde	20	25	25	36	54	92
Rate	14	16	16	26	40	76
Poumons	13	16	16	26	41	76
Ovaires	---	5,7	5,7	8,5	13	23
Testicules	2,9	---	3,9	5,7	8,8	16
Utérus	---	5,7	5,7	8,5	13	23
Dose efficace (μSv/MBq)	6,1	7,7	7,7	12	17	33

Traçabilité des informations réglementaires

La traçabilité des informations suit la législation en vigueur.

Des mesures particulières sont à observer si l'albumine humaine est utilisée (voir paragraphe VI.A)

E. Interventions

En présence de certains troubles de rythme, il peut être envisagé d'utiliser de l'atropine pour régulariser le rythme cardiaque du patient.

En cas de décompensation liée au stress physiologique ou pharmacologique, il peut être nécessaire d'utiliser un bêta-bloquant, un anticalcique, un broncho-dilatateur ou un dérivé nitré.

Surveillance et mesures de sécurité

Une surveillance adaptée de l'état clinique et des perfusions IV doit être mise en place en particulier chez les patients adressés pour exploration d'un trouble de rythme ou chez qui une ventriculographie sous stress est réalisée.

F. Acquisition des images

Type de gamma-caméra

Une gamma-caméra mono-détecteur est suffisante pour la réalisation de l'examen.

Pour les études réalisées au repos, il est recommandé d'utiliser un collimateur à canaux parallèles, haute résolution avec une résolution à mi-hauteur (LMH) d'au moins 8-10 mm pour une distance de 10 cm.

En règle générale un champ de vue de 18 x 18 cm est suffisant à condition qu'il permette de visualiser les 4 cavités cardiaques et qu'il donne une marge de 2 cm autour du cœur afin de pouvoir tracer une région d'intérêt (ROI) pour le bruit de fond lors du traitement des images. Les détecteurs de grande taille peuvent être utilisés à condition qu'ils n'empêchent pas le rapprochement du détecteur du thorax du patient. L'utilisation d'un cache plombé peut être nécessaire en cas d'organes fixant le radiopharmaceutique au voisinage immédiate (en particulier la rate).

Contrôle de qualité de la gamma-caméra

Voir le guide de contrôle de qualité des gamma-caméras.

La matrice d'uniformité doit être adaptée au traceur utilisé (en l'occurrence le Tc-99m) et à la fenêtre d'enregistrement.

Préparation et installation du patient

-La procédure d'acquisition doit être expliquée au patient et particulièrement, la nécessité d'être strictement immobile, d'éviter les mouvements respiratoires amples et si possible de ne pas parler et de ne pas s'endormir.

-Les objets métalliques doivent être enlevés (soutien gorge à armature métallique, médaillon, etc.).

Le patient doit être placé dans une position confortable.

Le patient est placé en décubitus dorsal avec les bras le long du corps pour les incidences oblique antérieure gauche (OAG) et face antérieure (FA) et avec le bras gauche derrière la tête pour l'incidence en profil gauche (PG).

La surveillance en continu du patient est souhaitable.

Incidences

Le nombre d'incidences dépend de l'indication de l'examen. Il est recommandé de multiplier les incidences afin d'effectuer une bonne analyse de la cinétique régionale des différentes parois myocardiques

-Oblique antérieure gauche (OAG) : il s'agit d'obtenir le meilleur dégagement septal, le détecteur sera placé à environ 45 ° avec une inclinaison céphalo-caudale entre 10 ° et 15 °

(de grande utilité pour séparer l'OG du VG). Cependant, l'angle adopté et l'inclinaison du détecteur dépendront du morphotype du patient et de l'orientation du cœur. C'est l'incidence utilisée pour le calcul de la FEVG.

- Profil gauche (PG)
- Face antérieure (FA).
- Oblique antérieur droit (OAD) le détecteur est placé avec une inclinaison de 30° à 45°

Paramètres d'acquisition

La fenêtre en énergie est de 20 % centrée sur le pic d'énergie du Tc-99m de 140 KeV (entre 126 et 154 KeV).

Il est conseillé d'utiliser une matrice et un zoom permettant d'obtenir une taille du pixel < 5 mm. Pour les détecteurs de petite dimension (détecteurs circulaires de 25 cm de champ de vue ou détecteurs carrés de 20 cm de champs de vue), il est conseillé de ne pas utiliser de zoom. Pour les détecteurs à grand champ, le zoom utilisé est généralement de 1,5 - 2,2. Dans tous les cas la taille du pixel ne doit pas dépasser 5 mm/pixel.

Une attention particulière devra être portée à la qualité de la synchronisation de l'ECG. En effet, une synchronisation imparfaite ne permettra pas une bonne analyse de la cinétique régionale des parois myocardiques et la quantification de la fonction VG et VD.

La dérivation de l'ECG doit être choisie soigneusement, afin que l'onde R soit toujours identifiée comme étant le marqueur du début du cycle cardiaque, idéalement, l'amplitude de l'onde R devrait être au moins trois fois plus importante que celle des ondes P ou T.

Il est important de noter que certains dispositifs ne reconnaissent le complexe QRS que lorsqu'il est positif. Lorsque le QRS est suffisamment ample mais négatif, il suffit alors d'inverser les électrodes de la dérivation pour obtenir un signal adéquat avec un QRS positif.

Une fenêtre de 10–20 % sur l'histogramme des fréquences est recommandée mais elle peut être modifiée en fonction de la fréquence cardiaque et de l'importance de l'arythmie.

Les patients ayant un cycle cardiaque de longueur variable devront être identifiés (fibrillation auriculaire, extrasystoles ventriculaires ou auriculaires fréquentes, électro-entraînement par pace-maker, etc.), l'évaluation de la fonction ventriculaire gauche sera dans ce cas moins précise.

Si l'objectif est d'évaluer la fonction systolique du VG, on peut accepter jusqu'à 10 ou 15 % de cycles cardiaques irréguliers.

Il est recommandé de contrôler régulièrement le point de déclenchement du dispositif (trigger) afin de s'assurer de la synchronisation sur le pic de l'onde R.

Le mode le plus utilisé est le mode « image ».

Des acquisitions réalisées en mode « liste » permettent de reconstruire rétrospectivement une étude composite du cycle cardiaque en s'affranchissant des limites liées à la présence d'un rythme cardiaque irrégulier.

Il est préférable d'opter pour un temps d'acquisition de moins de 50 ms par image. Pour étudier l'éjection et le remplissage, un temps d'acquisition plus court de l'ordre de 30 ms/image est recommandé. Il est recommandé d'utiliser au moins 16 intervalles par cycle cardiaque ce qui permet une détermination suffisamment précise de la fraction d'éjection et du volume téléstolique du ventricule gauche. Le choix de 32 intervalles par cycle cardiaque permet une meilleure détermination des paramètres d'éjection et de remplissage.

Au repos et avec un collimateur haute résolution le taux de comptage par cm^2 au niveau de l'aire du VG est de $20\,000\text{ cps/cm}^2$ (1800 cps/pixel pour un pixel de 3 mm). Si on utilise un collimateur de haute sensibilité (collimateur LEAP), il faudra compter $40\,000\text{ cps/cm}^2$. (N.B. : cela correspond à environ 3-4 millions de coups sur un champ de vue de $15\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ avec un collimateur haute résolution).

Examen de stress

Pour la préparation du patient, l'instrumentation et la synchronisation à l'ECG on doit se référer aux paragraphes précédents.

Cependant, quelques éléments sont à remarquer

- Pour les études de stress, il est conseillé de favoriser la sensibilité. Il est préférable donc d'utiliser un collimateur basse énergie tous usages (LEAP), résolution à mi-hauteur (LMH) de 12 mm pour une distance de 10 cm et une sensibilité autour de $10\,000\text{ cps/s/mCi}$ (280 cps/s/MBq). Par ailleurs, il est possible d'utiliser un collimateur haute sensibilité.
- Pour le stress, le patient est placé en décubitus dorsal ou en position semi-assise.
- Les examens de repos et de stress doivent être réalisés avec le patient dans la même position.
- Le stress peut être physique (bicyclette) ou pharmacologique.
- Le nombre d'événements par image au repos (ROI placé sur l'aire du VG) si un collimateur LEAP ou haute sensibilité est utilisé devrait être d'environ $40\,000\text{ cps/cm}^2$.
- Les acquisitions doivent être faites aux différents niveaux de stress. Une acquisition de 2-3 minutes doit être obtenue pour chaque niveau et une fois que le patient est arrivé à une fréquence cardiaque stable. Celle-ci est obtenue généralement 1 minute après avoir commencé le nouveau niveau de stress.
- Il est souhaitable de prolonger le dernier niveau de stress (sans diminuer la charge) afin d'obtenir une bonne statistique de comptage.
- Il est recommandé de réaliser une dernière acquisition (2-3 min) au cours de la période de récupération.

Contrôle de qualité de l'acquisition

La visualisation des images en mode «cinéma» permet de contrôler la qualité de l'acquisition en détectant par exemple la perte des données due à un mauvais couplage ECG, des troubles du rythme, un marquage de mauvaise qualité, une faible statistique de comptage, etc...

L'histogramme représentant la longueur R-R des différents cycles cardiaques peut être utilisé pour objectiver l'apparition de troubles du rythme cardiaque au cours de l'acquisition.

G. Traitement des images

Courbe temps-activité du VG

La plupart des paramètres de fonction ventriculaire sont obtenus à partir de la courbe temps-activité du VG.

Cette courbe peut être obtenue à partir de la détermination des régions d'intérêt (ROI). Les ROIs peuvent être tracées manuellement ou de manière automatique. Le tracé manuel des

ROIs est plus exact mais requiert l'intervention de l'opérateur. En cas d'usage d'un logiciel automatique, le tracé des ROIs doit être vérifié visuellement et éventuellement corrigé.

Dans tous les cas il faut éviter d'inclure l'activité correspondant à l'oreillette gauche.

Bruit de fond

Généralement la ROI est tracée à 5-10 mm du bord du VG à la fin de la systole. Elle a une taille équivalente à un quart de la circonférence du VG.

Il faut vérifier que cette ROI n'inclut pas l'oreillette gauche, la rate, l'aorte descendante, le VG ou l'estomac.

Fraction d'éjection du VG (FEVG)

Il est souhaitable de commencer par une évaluation visuelle de la fonction systolique du VG.

La FE est estimée par la formule

$$FE = [(RTD-BF) - (RTS-BF)] / (RTD - BF) \quad \text{où}$$

FE : Fraction d'éjection

RTD : Activité télédiastolique

RTS : Activité télésystolique

BF : Bruit de fond

Cinétique segmentaire

Il est recommandé d'analyser visuellement les images acquises en 2 ou 3 incidences. Il est indispensable que les images composites affichées en mode « cinéma » contiennent au moins 16 images.

Les images de phase et d'amplitude provenant de la première harmonique de l'analyse de Fourier et dans certains cas d'harmoniques supérieures, l'analyse régionale de la FE (obtenue en divisant le VG en 6-8 sous-régions) apportent une aide supplémentaire qui s'ajoute à l'analyse visuelle du mouvement de la paroi ventriculaire gauche.

Paramètres systoliques du ventricule gauche

Le débit d'éjection maximale du VG (« peak ejection rate » ou PER) est déterminé en mesurant la pente de la courbe temps-activité du VG exprimée en unités de volume par unité de temps (volume télédiastolique/s, ou end diastolic volume, EDV/s). La mesure de la pente de courbe temps-activité du VG peut amplifier le bruit et il est recommandé d'appliquer préalablement un filtre sur cette courbe.

Pour déterminer le pic d'éjection, il est préférable d'acquérir 32 images.

Le débit d'éjection maximal au cours du stress est trop dépendant de la fréquence cardiaque et son calcul est trop peu fiable du point de vue statistique pour que ce paramètre puisse être utilisé en routine clinique.

Paramètres diastoliques du ventricule Gauche

L'obtention des paramètres diastoliques requiert des acquisitions de très bonne qualité.

Comme pour les paramètres systoliques, le débit de remplissage maximal (« peak filling rate » ou PFR) » du VG est déterminé en mesurant la pente de la courbe temps-activité du VG (EDV/s).

Les paramètres de remplissage diastolique du ventricule gauche étant dépendant des paramètres systoliques, les paramètres de remplissage sont souvent rapportés à des paramètres systoliques sous la forme de rapports : PFR/PER ou PFR/FEVG

Volume du Ventricule Gauche

Les volumes ventriculaires peuvent être calculés selon des méthodes d'activité ou des méthodes géométriques.

Il est conseillé d'utiliser les méthodes basées sur l'activité sans en oublier les limites de la méthode (l'activité provenant des autres cavités cardiaques ou des organes voisins, une correction inadéquate du bruit de fond, etc., peuvent être à l'origine de résultats inexacts).

Paramètres du ventricule droit

En théorie, les mêmes paramètres que pour le ventricule gauche peuvent être calculés pour le ventricule droit. Il faut savoir qu'en raison des difficultés de séparation de la cavité ventriculaire droite, les résultats sont moins fiables que pour le ventricule gauche

Affichage des images

Cet affichage peut être réalisé à l'aide d'une échelle de gris ou d'une échelle de couleurs ayant des transitions progressives d'un niveau de couleur à l'autre.

H. Interprétation des résultats

Dans un premier temps, cette interprétation devrait être réalisée sur les images acquises, sans avoir connaissance de l'histoire clinique et des données provenant d'autres examens. Cependant, dans un deuxième temps, il est indispensable d'intégrer les résultats à l'ensemble des données cliniques et para-cliniques du patient. Ce déroulement en 2 étapes permet de limiter les biais d'interprétation.

Morphologie cardiaque

Il est recommandé d'évaluer visuellement la morphologie, l'orientation, le volume des cavités cardiaques (normal, légèrement dilaté, moyennement dilaté ou très dilaté), la cinétique des parois myocardiques ainsi que la largeur de la silhouette péricardique.

Fonction ventriculaire systolique du VG

La fonction ventriculaire gauche doit être évaluée visuellement et confrontée à la FE estimée par les différentes méthodes manuelles ou automatiques.

A titre indicatif les valeurs normales pour la FEVG au repos sont comprises entre 50-80 % et entre 56-86 % pour le stress.

La fonction diastolique du VG

Elle peut être évaluée quantitativement à partir de la courbe temps-activité.

La fonction systolique du VD

Elle peut être évaluée grâce à l'estimation de la fraction d'éjection du VD (FEVD).

La valeur normale est comprise entre 46-70 %. Cependant, la superposition des différentes structures cardiaques (OG, OD, aorte, artère pulmonaire, etc.) lors des acquisitions planaires limite son application clinique.

Analyse de la cinétique segmentaire du VG et du VD

Les troubles de la cinétique segmentaire du VG et du VD devraient toujours être caractérisés

- par leur localisation au niveau des différentes parois ventriculaires (pour le VG : paroi antérieure, latérale, inférieure, septale et apicale et pour le VD : paroi libre, paroi inférieure, paroi apicale, région sous-tricuspidienne et région infundibulaire;
- par leur sévérité : hypokinésie, akinésie ou dyskinesie.

Les images de phase et d'amplitude peuvent fournir des informations complémentaires sur : l'existence d'un décalage chronologique dans la contraction des différentes parois myocardiques, l'identification des plans valvulaires ou des troubles de la conduction cardiaque.

Images de stress

Il est préférable de comparer le repos et le stress sur des images en mode « cinéma » et de signaler toute modification dans la taille des cavités cardiaques, de la cinétique segmentaire ou de la FE des deux ventricules.

Comparaison avec des études antérieures

Il est recommandé de comparer les résultats actuels avec les résultats des études précédentes sans oublier de vérifier que les logiciels de calcul utilisés soient similaires.

Anomalies extra-cardiaques

Des foyers de fixations extra-cardiaques anormaux doivent être mentionnés dans le compte-rendu de l'examen.

I. Les artefacts et les sources d'erreur

Marquage des globules rouges de qualité médiocre

La qualité du marquage des globules rouges peut être diminuée dans certaines circonstances (insuffisance rénale chronique, chimiothérapie récente, etc.).

Mauvaise incidence

Une séparation inadéquate du VG des autres cavités cardiaques peut être à l'origine de résultats erronés pour la FEVG.

Mauvais couplage avec le signal ECG

Un mauvais signal ECG ou un signal ECG prenant en compte des données autres que l'onde R peuvent conduire à des résultats erronés ou rendre les acquisitions ininterprétables.

Variations importantes de la fréquence cardiaque

Une variabilité importante de la fréquence cardiaque au cours de l'examen peut compromettre la fiabilité de l'examen.

Faible statistique de comptage

Cette situation est le plus souvent identifiable sur l'analyse qualitative visuelle des images (mauvaise qualité des images, faible rapport signal/bruit) et confirmée sur l'analyse quantitative.

Un nombre insuffisant de coups par image peut compromettre la validité des estimations quantitatives réalisées.

Traçage erroné des ROIs

L'inclusion de l'activité provenant d'une structure extra-ventriculaire, l'inclusion incomplète de l'aire ventriculaire, un mauvais emplacement de la ROI du bruit de fond peuvent être à l'origine d'erreurs de mesure.

J. Le compte-rendu de l'examen

Matériel et conditions de déroulement de l'examen

L'indication de l'examen doit être rappelée, ainsi que les conditions de réalisation (type d'appareillage utilisé, choix de la technique de stress, traitements reçus, etc.), le type du radiopharmaceutique utilisé (globules rouges marqués au Tc-99m, albumine humaine marquée au Tc-99m, etc.) et l'activité injectée.

La présence ou l'absence de troubles du rythme (par exemple : AC/FA, etc.), l'existence d'un grand nombre de cycles cardiaques rejetés, etc.

Résultats

Le compte-rendu mentionne la valeur de la FEVG calculée ainsi que la pression artérielle et la fréquence cardiaque et donne les valeurs normales.

D'autre part, le compte-rendu doit signaler la présence ou l'absence de troubles de la cinétique segmentaire du VG et du VD.

Il est recommandé de signaler la présence d'une dilatation cavitaire du VG et du VD, et de donner au moins une appréciation qualitative de la fonction systolique du VD.

Pour les examens réalisés sous stress, il faut comparer la FEVG à celle obtenue au repos et mentionner l'apparition éventuelle d'un trouble de la cinétique segmentaire sous stress

Le compte-rendu peut contenir des information sur : la FEVD, les débits de remplissage et d'éjection ventriculaires, la présence d'anomalies vasculaires extra-cardiaques, etc.

V. PRECAUTIONS DE RADIOPROTECTION

A. Gestion des déchets

Pour les compléments d'information, voire le guide spécifique de gestion des déchets.

Aiguille ayant servi à l'injection

Stockage dans une boîte spéciale

Flacon et seringue après injection

Stockage aux fins de décroissance puis d'élimination

B. Personnel soignant et familles des patients

En cas d'allaitement : Pas d'arrêt pour une activité inférieure à 50MBq, 4 heures pour une activité de 50-75 MBq, 8 heures pour 75-110 MBq, 12 heures pour 110-190 MBq, 16 heures pour 190-300 MBq, 20 heures pour 300-450 MBq, 24 heures pour 450-800 MBq.

Pour le personnel soignant des services d'hospitalisation, l'irradiation est particulièrement faible et aucune donnée n'est disponible permettant de recommander une conduite à tenir particulière en dehors de celles qui visent à limiter la contamination.

C. Urines, selles et prélèvements sanguins

Il faut recommander le port de gants jetables pour les soins dans les 24 heures qui suivent l'administration de radiopharmaceutiques technétiés.

Les urines et les selles sont rejetées dans les toilettes.

Les garnitures, sondes urinaires, bouchons doivent être manipulés avec des gants. Les déchetteries hospitalières, n'acceptant que les déchets exempts de radioactivité il est recommandé, en cas d'hospitalisation, de collecter les déchets solides durant 3 jours et de les conserver durant 4 jours à fin de décroissance.

D. Conduite à tenir en cas d'erreur de dispensation (surdosage, erreur d'identification) à un patient

En cas de surdosage accidentel par ces produits radiopharmaceutiques, l'arsenal thérapeutique est limité car l'élimination du produit est fonction de la durée de vie physiologique des hématies. Dans tous les cas, une diurèse forcée avec mictions fréquentes est recommandée en cas de surdosage par le ^{99m}Tc.

E. Conduite à tenir pour la radioprotection en cas de décès du patient

La courte période du technétium n'impose aucune précaution particulière vis à vis du corps. De simples précautions pour la manipulation du corps et l'autopsie (port de masque et de gants et de lunettes).

F. Niveau de référence diagnostique

Le niveau de référence pour un radiopharmaceutique donné est la valeur de l'activité préconisée pour la ou les indications de l'AMM sauf justification médicale ou technique (arrêté du 12/02/2004).

G. Suggestions pour la réduction de la dose absorbée par le patient

La réduction de la dose absorbée peut se faire par l'optimisation de l'activité injectée. En cas de réduction de l'activité injectée, il faut recommander le maintien d'une statistique de comptage adaptée.

VI. PRECAUTIONS VIS À VIS DU RISQUE INFECTIEUX

A. Produits sanguins

En cas d'utilisation d'albumine humaine marquée au Tc-99m (HSA-Tc99m), une traçabilité individuelle faisant figurer le numéro du lot doit rester disponible dans le dossier du patient. Un jeu de 3 étiquettes détachables auto-collantes par patient (article r. 5144-26 du Code de la santé publique) est prévu pour identifier les patients ayant reçu ce produit. Un bordereau de délivrance doit être élaboré par la personne en charge de la délivrance. Ce bordereau est défini à l'article R. 5144-29 du Code de la santé publique. Ce bordereau muni d'une étiquette est ensuite complété par la personne administrant le radiopharmaceutique. Les deux autres étiquettes sont apposées sur le dossier patient et le registre d'administration des radiopharmaceutiques.

Ce suivi doit permettre d'identifier rapidement les patients auxquels les médicaments d'un lot ont été administrés.

B. Prévention des infections nosocomiales

Une attention particulière devra être portée au respect des conditions d'hygiène et de l'usage de matériel à usage unique.

VII. PHARMACOVIGILANCE ET MATERIOVIGILANCE

Les effets secondaires ou incidents doivent être déclarés selon la législation en vigueur.

VIII. REFERENCES

1. Gerson MC Cardiac Nuclear Medicine. 3^{ème} édition 1997 McGraw-Hill.
2. Lee KL, Pryor DP, Peiper KS et al. Prognostic value of radionuclide angiography in medically treated patients with coronary artery disease a comparison with clinical and catheterization variables. *Circulation* 1990; 82: 1705-1717.
3. Links JM, Becker LC, Shindlecker JG. et al. Measurement of absolute left ventricular volume from gated blood pool studies. *Circulation* 1982; 65: 82-91.
4. Mahmarian JJ, Moye L, Verani MS. et al. Criteria for the accurate interpretation of changes in the left ventricular ejection fraction and cardiac volumes as assessed by rest and exercise gated radionuclide angiography. *J Am Coll Cardiol* 1991; 18: 112-9.
5. Massardo T, Gal RA, Grenier RP. et al. Left ventricular volume calculation using a count based ratio method applied to multigated radionuclide angiography *J Nucl Med* 1990; 31: 450-6.
6. Miller TR, Goldman KJ, Sampathkumaran KS et al. Analysis of cardiac diastole dysfunction: application in coronary artery disease. *J Nucl Med* 1983; 24: 2-7.
7. Spirito P, Maron BJ, Bonow RO. Non-invasive assessment of left ventricular diastolic function: comparative analysis of Doppler echocardiographic and radionuclide techniques *J Am Coll Cardiol* 1986; 7: 518-26.
8. Sandler MP, Coleman RE, Patton JA, et al. *Diagnostic Nuclear Medicine* 3rd ed. Baltimore, MD: Williams and Wilkins; 1996.
9. Bonow RO. Radionuclide angiography for risk stratification of patient with coronary artery disease (editorial). *Am J Cardiol* 1993; 72: 735-9.
10. Dilsizian V, Rocco TP, Bonow RO, et al. Cardiac blood-pool imaging II: applications in noncoronary heart disease. *J Nucl Med* 1990 ; 31 : 10-22.

11. Touzery C, Aubert B, Caselles O, et al. Dosimétrie des explorations diagnostiques en médecine nucléaire Rapport SFPM N°19-2001 SFPM, Médecine Nucléaire 2002; 26: 347-89.
12. Conseil de l'Union Européenne. Directive 97/43/EURATOM du conseil du 30 juin 1997. Journal Officiel des Communautés Européennes 1997; L 180/22-7.
13. Furber A, Berdague P, Cadiou C, et al. Recommandations de la société française de cardiologie concernant la pratique des épreuves de provocation de l'ischémie en cardiologie nucléaire chez l'adulte. Arch Mal Coeur Vaiss 2000;93:1309-32.
14. Marie PY, Danchin N, Branly F, et al. Effects of medical therapy on outcome assessment using exercise thallium-201 single photon emission computed tomography imaging: evidence of a protective effect of beta-blocking antianginal medications. J Am Coll Cardiol 1999; 34: 113-21.
15. Society of Nuclear Medicine Procedure Guideline for Equilibrium Radionuclide Ventriculography J Nucl Med 1997; 38: 1658-61 Version 3.0, approved June 15, 2002. Procedure Guidelines www.snm.org
16. TechneScan PYP France trousse pour le marquage des érythrocytes dénaturés marqués au Tc-99m.
17. DePuey GE, Garcia EV. Updated imaging guidelines for nuclear cardiology procedures: Part 1. J Nucl Cardiol 2001; 8: G1-G54.
18. Murphy PH. ECG gating: does it adequately monitor ventricular contraction? J Nucl Med 1980; 21: 399-401.
19. Wagner RH, Halama JR, Henkin RE, et al. Errors in the determination of left ventricular functional parameters. J Nucl Med 1989; 30: 1870-4.
20. Bacharach SL, Green MV, Borer JS. Instrumentation and data processing in cardiovascular nuclear medicine: evaluation of ventricular function. Sem Nucl Med 1979; 9: 257-74.
21. Groch MW. Cardiac function: gated cardiac blood pool and first pass imaging. In: Henkin RE, Boles MA, Dillehay GL, et al., editors Nuclear Medicine. Volume 1. St Louis: Mosby, 1996 p. 626-43.
22. DePuey EG. Evaluation of cardiac function with radionuclides. In Gottschalk A., Hoffer PB Potchen EJ, editors Diagnostic Nuclear Medicine. Baltimore Williams and Wilkins; 1988 p. 355-98.
23. Garcia EV. Physic and instrumentation of radionuclide imaging In: Marcus ML, Schelbert HR, Skorton DJ, Wolf GL, editors. Cardiac imaging: a companion to Braunwald's heart disease. Philadelphia: WB Saunders; 1991 p. 997-1005.
24. Garcia EV, Bateman TM, Berman DS, Maddahi J. Computer techniques for optimal radionuclide assessment of the heart. In: Gottshalk A, Hoffer PB, Potchen EJ, editors. Diagnostic nuclear medicine. Baltimore: Williams and Wilkins; 1988 p. 259-90.
25. Bateman TM, Berman DS, Heller GV, et al. American Society of Nuclear Cardiology position statement on electrocardiographic gating of myocardial perfusion SPECT scintigrams. J Nucl Cardiol 1999; 6: 470-1.
26. Cullom SJ, Case JA, Bateman TM. Electrocardiographically gated myocardial perfusion SPECT: technical principles and quality control considerations. J Nucl Cardiol 1998; 5: 418-25.
27. Nichols K, Yao SS, Kamran M, Faber TL, Cooke CD, DePuey EG. Clinical impact of arrhythmias on gated SPECT cardiac myocardial perfusion and function assessment. J Nucl Cardiol 2001; 8: 19-30.
28. Manrique A, Koning R, Cribier A, Vera P. Effect of temporal sampling on evaluation of left ventricular ejection fraction by means of thallium-201 gated SPET: comparison of

- 16- and 8-interval gating, with reference to equilibrium radionuclide angiography. Eur J Nucl Med 2000; 27: 694-9.
29. Chang W, Henkin RE, Hale DJ, et al. Methods for detection of left ventricular edges. Sem Nucl Med. 1980; 10: 39-53.
 30. Helias J, Itti R, Pezard P. Coeur et isotopes Médicorama 1988.
 31. Bacharach SL, Green MV, Borer JS, Hyde JE, Farkas SP, Johnson GS. Left ventricular peak ejection rate, filling rate and ejection fraction: frame rate requirements at rest and exercise. J Nucl Med 1979; 20: 189-93.
 32. Mancini GBJ, Slutsky RA, Norris ST, et al. Radionuclide analysis of peak filling rate filling fraction and time to peak filling rate: response to supine bicycle exercise in normal subjects and patients with coronary artery disease. Am J Cardiol 1983; 1: 43-51.
 33. Cavailloles F, Baxin JP, Di Papla R. Factor analysis in gated cardiac studies. J Nucl Med 1984; 25: 1067-75.
 34. Bacharach SL, Green MV, Bonow RO, et al. Measurement of ventricular function by ECG gating during atrial fibrillation. J Nucl Med 1981; 22: 226-31.
 35. Maddox DE, Holman BL, Wyrnne J, et al. Ejection fraction image: a noninvasive index of regional left ventricular wall motion. Am J Cardiol 1978; 41: 1230-8.
 36. Port SC. Imaging guidelines for nuclear cardiology procedures, part 2. American Society of Nuclear Cardiology. J Nucl Cardiol 1999; 6: G47-84.
 37. Steckley RA, Kronenberg MW, Born ML, et al. Radionuclide ventriculography: evaluation of automated and visual methods for regional wall motion analysis. Radiology 1982; 142: 179-85.
 38. Turner DA, Shima MA, Ruggje N, et al. Coronary artery disease: detection by phase analysis of rest/exercise radionuclide angiograms. Radiology 1983; 148: 539-45.
 39. Arrêté du 9 août 1994 modifiant la nomenclature générale des actes professionnels des médecins, des chirurgiens-dentistes, des sages-femmes et des auxiliaires médicaux JO 1^o septembre 1994 page 12648.
 40. Bulletin Officiel. Catalogue des actes médicaux (1995). Champ gamma. Actes d'imagerie médicale. Direction des journaux officiels. 26 rue Desaix 75727 Paris cedex 15. Journal officiel de la république française du 7 mai 1995, page 7373-5.
 41. Décret n^o 95-566 du 6 mai 1995 relatif à la pharmacovigilance exercée sur les médicaments dérivés du sang humain et modifiant le code de la santé publique (deuxième partie: décrets en Conseil d'Etat).
 43. Touzery C, Aubert B, Caselles O, Gardin I, Guilhem MT, Laffont S, Lisbona A Dosimétrie des explorations diagnostiques en médecine nucléaire Rapport SFPM N^o19-2001 SFPM, Médecine Nucléaire 2002 ; 26 : 347-389
 42. Touzery C, Prévot S, Perrette B, et al. Conseil pour la gestion des déchets solides contaminés par des urines de patients après administration de radiopharmaceutiques. Médecine Nucléaire 2003; 27: 69-78

VIII. ANNEXES

A. Classification Commune des Actes Médicaux (CCAM)

DAQL002	Scintigraphie des cavités cardiaques au repos selon 1 incidence	1	0
	À l'exclusion de : • scintigraphie à visée rythmologique (DAQL012)		
DAQL008	Scintigraphie des cavités cardiaques au repos selon plusieurs incidences	1	0
	À l'exclusion de : • scintigraphie à visée rythmologique (DAQL012)		
DAQL012	Scintigraphie des cavités cardiaques à visée rythmologique	1	0
DAQL004	Scintigraphie des cavités cardiaques pendant une épreuve d'effort ou une épreuve pharmacologique	1	0

Code modificateur G pour les enfants de moins de 3 ans.

B. Fiche d'information du patient.

Non rédigée à ce jour. Il est possible de se référer au document fourni par le fabricant.