

I - La viabilité myocardique

1) Intérêt

La viabilité myocardique est associée à la perfusion du myocarde. Il est important de s'intéresser à la viabilité myocardique pour déterminer le traitement.

L'insuffisance coronaire entraîne une dysfonction myocardique. L'apport en oxygène est insuffisant, les myocytes vont progressivement s'adapter en diminuant leur métabolisme et ainsi leur contraction.

2 situations sans lesquelles on a une hypokinésie liée à une insuffisance coronaire :

- **Hypoperfusion chronique** : potentiellement réversible. Si les myocytes sont viables, la revascularisation suffit à normaliser leur fonction. Cela améliore significativement le pronostic par rapport à un traitement médical seul.
- **Infarctus du myocarde** : Il ne sert à rien de revasculariser si les myocytes sont nécrosés et remplacés par du tissu fibreux.

Étudier la viabilité des myocytes cardiaques permet de savoir si le patient peut bénéficier d'une revascularisation.

2) Méthodes pour l'évaluation de la viabilité myocardique

- méthodes morphologiques : échographie (très spécifique), IRM
- Méthodes métaboliques : médecine nucléaire qui permet d'évaluer la viabilité des cellules (très sensible).

2 approches métaboliques :

a. Utilisation d'un traceur de perfusion (TEP ou SPECT) : leur captation témoigne de la viabilité des myocytes

Relation inverse entre la **quantité de fibrose** contenue dans le myocarde et l'**intensité de captation d'un traceur de perfusion** (ex : Thallium). On mesure cette fixation, ce qui permet d'estimer la quantité de cellules viables et d'en déduire la quantité de fibrose.

- Si fixation < 50 % : moins de 20 % des segments récupère → Revascularisation présente peu d'intérêt
- Si fixation > 60-70 % : la majorité des segments récupère une activité fonctionnelle → Amélioration du pronostic avec la revascularisation

Examen de perfusion au repos permet de s'affranchir des conditions ischémiques, de se mettre en conditions basale.

Il y a deux temps d'acquisition (à 15 minutes et à 4h), si il y a une hypofixation qui persiste à 4h, on est dans le cadre d'un infarctus.

On mesure le rapport de la fixation par rapport à la paroi de référence (qui n'a pas été le siège de l'infarctus) pour estimer les pourcentage de l'insuffisance cardiaque.

b. Utilisation du FDG marqué en TEP

les **cellules myocardiques** saines utilisent préférentiellement les **acides gras libres** (AGL).

La **diminution du débit sanguin coronaire** entraîne une **modification du métabolisme** : les cellules basculent d'une utilisation des AGL vers une utilisation du **glucose** (car celui-ci consomme moins d'O₂).

On mesure le **taux d'accumulation du FDG** dans le myocarde, ce qui **reflète l'intensité de la glycolyse**. L'accumulation du FDG est proportionnelle à la consommation énergétique (glycolyse) du myocarde.

- **concordance faible perfusion et faible métabolisme : signe une nécrose**
- **discordance diminution de la perfusion et augmentation (ou maintien) de l'utilisation du glucose : signe la viabilité des cellules myocardiques**

Estimation du pourcentage de myocytes résiduels viables en fonction l'intensité de la fixation :

- 100% de myocytes viables pour les territoires normaux
- <50% de myocytes viables : très peu de chances de récupération.

On peut synchroniser avec l'utilisation de l'ECG.

c. Utilisation des AGL

On utilise un **traceur** : le **BMIPP** est un acide gras auquel a été rajouté un isotope radioactif (l'iode 123). Il est capté par les myocytes mais n'est pas métabolisé et permet donc de suivre le parcours des AGL. En cas d'**épisode ischémique**, on a une **modification métabolique qui se fait des AGL vers la glycolyse** :

- **augmentation de la captation du glucose donc du FDG**
- **diminution de la captation des AGL donc du BMIPP** = hypofixation dans le territoire qui a subi l'ischémie.

Ces anomalies peuvent persister plusieurs jours après la fin de l'épisode ischémique : c'est la **mémoire ischémique**.

d. Acétate

On peut également utiliser de l'acétate marqué au carbone 11. L'acétate est le précurseur immédiat du cycle de Krebs donc c'est un marqueur de l'intensité du métabolisme oxydatif.

e. 2 exemples d'explorations physiopathologiques

→ Cardiomyopathie dilatée :

- Comprendre les mécanismes physiopathologiques
- Comprendre l'effet des traitements sur le métabolisme

Il y a une utilisation moindre des AGL qui se fait au profit du glucose (dans le cas de la cardiomyopathie dilatée par rapport au coeur normal)

=> **redistribution du métabolisme**

Cela permet une **objectivation** et une **quantification** du métabolisme des cellules myocardiques
=> l'accès à ces informations sur le métabolisme de façon non-invasive est très utile en physiopathologie.

→ Cardiopathie diabétique :

On explore ici :

- le flux sanguin myocardique : **augmenté** de façon non significative
- la consommation myocardique en O₂ (MVO₂) : **augmentée** car pour une même activité métabolique de base, ces patients ont besoin de plus d'oxygène
- l'utilisation du glucose : **moindre** car chez ces patients la sécrétion d'insuline est insuffisante
- l'utilisation des acides gras : **augmentation**

=> cela permet d'avoir une **information sur le métabolisme de base** et surtout d'avoir des **marqueurs précoces et indirects de l'effet des traitements**.

II- Ventriculographie isotopique

1) Objectifs

- Mesure de la fraction d'éjection ventriculaire gauche (FEVG)
- => ce qui permet d'établir le diagnostic et le pronostic de l'insuffisance cardiaque
- Analyse de la cinétique segmentaire ventriculaire gauche
- Mesure de la fraction d'éjection ventriculaire droite
- Mesure des volumes ventriculaires

2) Méthodes

Dans la ventriculographie, on **marque in vivo des hématies avec du technétium 99m** et on réalise des **acquisitions planaires et tomographiques synchronisées à l'ECG**.

Contrairement à l'exploration du métabolisme où l'on traitait les parois, ici on a bien une image des **cavités**.

→ **Mesure de la fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG)**

Pour mesurer la fraction d'éjection, on fait des **contours** en télédiastole et en télésystole sur un plan en 2D : ce n'est donc pas de la tomographie (coupes) mais des projections. Chaque **pixel** est codé par une **intensité** qui correspond à la **quantité de radioactivité** qui est contenue dans la cavité cardiaque.

$$FEVG = (\text{Act TD} - \text{Act TS}) / \text{Act TD}$$

Avec : Act TD = activité télédiastolique et Act TS = activité télésystolique

Valeur normale : FEVG = 65-70%

→ **Analyse du délai de contraction : analyse de Fourier**

On peut également se servir de la ventriculographie pour le **calcul du délai de contraction**. On utilise pour cela la **transformée de Fourier** qui permet de modéliser l'activité au niveau de chacun des pixels.

La transformée de Fourier correspond à la **décomposition d'un signal périodique** en différentes composantes : la **fondamentale** et ses **harmoniques**. Ici, la **fréquence cardiaque** (phénomène périodique) est représentée par la fondamentale, à laquelle on rajoute les harmoniques.

La transformée de Fourier est appliquée à chaque pixel de la région d'intérêt, ce qui permet de caractériser ce pixel par :

- **l'amplitude des contractions**
- **la phase des contractions** : cela nous donne le moment où la contraction est maximale (la télésystole)

=> Cette imagerie permet d'**objectiver** et de **caractériser** les **anomalies de la cinétique segmentaire**.

→ **Images tomographiques**

L'acquisition tomographique permet d'appréhender des **volumes** et donc d'avoir une meilleure visualisation de la contraction des parois ventriculaires.

=> mesure de la **fraction d'éjection du ventricule droit** et des **volumes ventriculaires**

III- Neuromodulation

1) Objectifs

On étudie l'impact du système nerveux autonome sur la fonction cardiaque.

- Évaluation du **pronostic** dans l'insuffisance cardiaque

2) Méthodes

En pratique clinique :

- Quantification de l'innervation sympathique du myocarde
- Neurotransmetteur du système nerveux sympathique : la **noradrénaline** (Nad)
- Liaison de la Nad sur des récepteurs post-synaptiques :
 - renforce la contraction des cellules myocardiques : **inotropisme**
 - accélère la fréquence cardiaque : **chronotropisme**
 - améliore la relaxation

a. Diminution de l'innervation sympathique au cours de l'insuffisance cardiaque : facteur anatomique

- Dégénérescence myocytaire, les myocytes sont progressivement remplacés par du tissu fibreux
- Lésion des terminaisons nerveuses
- Hétérogénéité de la réinnervation sympathique

Il y a moins de cardiomyocytes donc moins d'interaction entre les terminaisons nerveuses sympathiques et les cardiomyocytes.

b. Diminution de l'innervation sympathique au cours de l'insuffisance cardiaque : facteur fonctionnel

La **baisse du débit cardiaque** va être **compensée** par une **sécrétion augmentée de Nad**. Ce qui a pour effet l'**augmentation de la fréquence cardiaque et de la contraction** pour essayer de maintenir le débit cardiaque. Mais, un phénomène de **tolérance** s'installe avec un **rétrocontrôle négatif** sur le recaptage et le stockage de la Nad → diminution de la recapture et du stockage vésiculaire de Nad.

On utilise un agent d'imagerie, la **MIBG** marquée à l'iode 123 qui est un **analogue de la Nad**. L'injection de ce traceur entraîne sa fixation dans le myocarde car il est capté par les mêmes transporteurs et stocké dans les mêmes vésicules que la Nad. On peut détecter la MIBG et ainsi se rendre compte de la quantité de stockage cardiaque de la Nad. (Elle n'a pas d'effet biologique.)

Pour **objectiver la diminution de la fixation du MIBG**, on utilise le **rapport coeur sur médiastin**. On a une région d'intérêt sur le coeur et une région d'intérêt sur le médiastin (une zone où il n'y a pas de fixation). La MIBG a une valeur pronostic dans l'insuffisance cardiaque.

Patients qui ont tous une insuffisance cardiaque :

- les patients qui ont un très mauvais pronostic : ratio H/M < 120% (faible fixation du MIBG et donc forte dénervation)
- les patients qui ont une survie excellente : ratio H/M > 120%

IV - Cas cliniques

(Cf Ronéo : bien comprendre pour les partiels)