

Circulation coronaire et microcirculation myocardique

R. NEDJAR,
Service de Cardiologie et de Médecine Interne,
CHU Frantz Fanon, Université Sâad Dahleb. Blida.



Résumé

Les troncs principaux des artères coronaires cheminent dans les sillons atrio-ventriculaires réalisant une couronne autour du cœur d'où leur nom. Ce réseau est constitué principalement d'un réseau gauche fait d'une artère interventriculaire antérieure et d'une artère circonflexe, et d'un réseau coronaire droit. Ce système est régulé d'une manière très précise afin d'assurer un apport suffisant et continu en énergie nécessaire notamment au travail mécanique du cœur, en perpétuel travail. Cette énergie provient essentiellement du métabolisme des acides gras, substrat énergétique principal des cardiomyocytes.

>>> Mots-clés et Abréviations :

Artères coronaires, débit coronaire, régulation, réserve coronaire.

Anatomie des artères coronaires

Le point de départ de cette circulation est représenté par le tronc commun (coronaire gauche) et la coronaire droite qui naissent respectivement des sinus de Valsalva gauche et droit, au niveau de la racine de l'aorte. Du fait de l'orientation ventrale gauche du cœur et de celle de l'aorte initiale, le sinus aortique droit est situé ventralement et l'artère coronaire droite a un trajet initial plutôt ventral. En revanche, le sinus aortique gauche étant latéralisé à gauche, le tronc de l'artère coronaire gauche a un trajet oblique à gauche et discrètement ventralement. Les troncs principaux des artères coronaires cheminent dans les sillons atrio-ventriculaires réalisant ainsi une couronne autour du cœur (d'où leur nom). À partir de ces axes vasculaires naissent les branches artérielles qui vascularisent le myocarde soit à partir de sa surface, soit en le pénétrant (artères septales). La vascularisation

Abstract

Coronary vessel branches remaining on the surface of the artery and following the sulci of the heart are called epicardial coronary arteries. These last draw a crown around the heart hence their name. The coronary artery network is made of two main arteries, the left coronary artery, which divides into the left anterior descending artery and the circumflex branch, and the right coronary artery. In order to ensure a sufficient and continuous supply of energy necessary for the perpetual work of the heart, this system is regulated in a very complex and precise manner. Its energy comes mainly from the metabolism of fatty acids, main substrate of cardiomyocytes.

>>> Key-words :

Coronary arteries, coronary flow, regulation, coronary reserve.

artérielle cardiaque est de type terminal, aucune anastomose ne permettant de suppléer l'occlusion d'une des artères.

Le calibre des artères coronaires est de 4 à 5 mm à leur origine, puis il diminue jusqu'à atteindre 3 à 4 mm.

Artère coronaire gauche

Origine-trajet

Elle prend son origine au niveau du sinus aortique gauche et chemine en arrière de l'artère pulmonaire sur laquelle elle se courbe. Son tronc d'origine, appelé tronc commun gauche, se dirige ventralement et à gauche et mesure 3 à 4 cm de long et son calibre est de 4,5 mm environ. Il se termine dans la majorité des cas en deux branches de division, l'artère interventriculaire antérieure

rière et l'artère circonflexe qui font entre elles un angle d'autant plus aigu que le tronc commun est court.

Branches terminales

Artère interventriculaire antérieure (IVA)

Elle chemine dans le sillon interventriculaire antérieur, contourne l'apex du cœur et se termine dans le sillon interventriculaire postérieur, à une distance variable en fonction du développement des branches terminales de l'artère coronaire droite. (figure 1).

Elle donne naissance à des collatérales :

- **Artères septales** : parmi lesquelles les premières, les plus importantes, qui peuvent naître du tronc commun. La deuxième artère septale est la plus volumineuse et la plus longue ; elle chemine dans la bandelette ansiforme et irrigue le muscle papillaire antérieur, le faisceau atrio-ventriculaire et la branche droite de ce dernier.
- **Deux à quatre artères diagonales** destinées à la face antérieure du ventricule gauche. La première est la plus volumineuse et peut naître de la terminaison du tronc commun gauche, appelée donc l'artère bissectrice, formant ainsi une trifurcation.

On décrit à l'IVA trois segments :

- **Proximal** : de l'origine à la première septale ;
- **Moyen** : de la première septale à la deuxième diagonale ;
- **Distal** : au-delà de la deuxième diagonale.

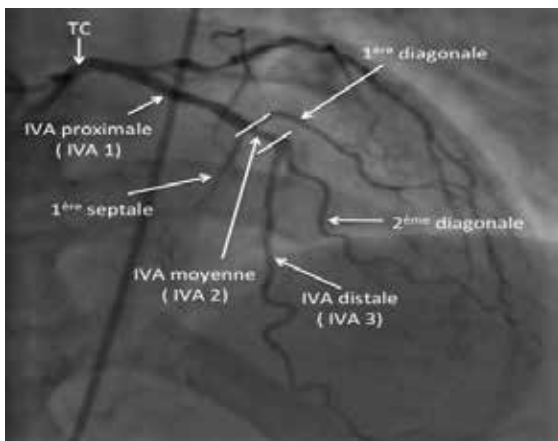


Figure 1 : Réseau coronaire gauche : artère interventriculaire antérieure et ses collatérales.

Artère circonflexe (Cx)

Elle chemine dans le sillon atrio-ventriculaire gauche et donne des collatérales ascendantes et descendantes. Elle se termine à une distance variable de la croix des sillons et peut donner l'artère interventriculaire postérieure en fonction du développement de l'artère coronaire droite et de ses branches. (figure 2).

Parmi les collatérales ascendantes, atriales, l'artère atriale gauche supérieure principale qui participe à la vascularisation du nœud sinusal.

Une ou deux collatérales descendantes, ventriculaires, vascularisant la face latérale du ventricule gauche et sont appelées artères latérales (ou marginales) du ventricule gauche.

On décrit deux segments à la Cx :

- **Proximal** : de son origine aux marginales principales ;
- **Distal** : dans le sillon atrio-ventriculaire gauche.

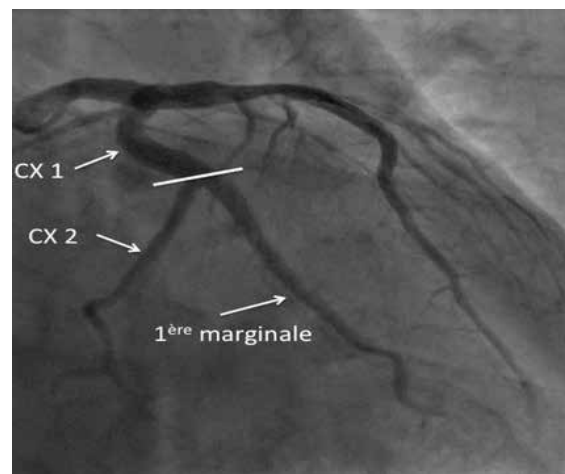


Figure 2 : Réseau coronaire gauche : artère circonflexe et ses collatérales.

Artère coronaire droite

Origine-trajet

L'artère coronaire droite naît du sinus aortique droit. À partir de son ostium, l'artère présente classiquement trois segments :

- **Proximal** : horizontal ou discrètement oblique en haut et surtout ventralement et rejoint le sillon atrio-ventriculaire droit ;
- **Moyen** : fait suite au premier segment, l'artère est verticale dans ce sillon, plus ou moins sinueuse, et contourne le bord droit du cœur ;
- **Distal** : situé dans le sillon atrio-ventriculaire droit à la face diaphragmatique du cœur pour l'amener à proximité de la croix des sillons, (la convergence inférieure des sillons atrio-ventriculaires, inter-atrial et interventriculaire).

Entre chacun de ces segments, un coude marque le trajet de l'artère, lui donnant un aspect en cadre ou en lettre C, bien visible sur les incidences coronarographiques en OAG (figure 3).

Collatérales

Elles sont nombreuses :

- Ascendantes, atriales, issues du premier segment de l'artère, la plus importante étant l'artère atriale droite supérieure vascularisant le nœud sinusal.

- Descendantes, ventriculaires droites parmi lesquelles un groupe de deux à trois branches ventriculaires antérieures, perpendiculaires à l'axe de l'artère coronaire.

La première artère de ce groupe naît en règle générale du premier segment et vascularise l'infundibulum pulmonaire (artère infundibulaire ou artère du Conus) ; les autres naissent du deuxième segment. Une artère du bord droit, souvent sinueuse naît en aval du groupe antérieur, du troisième segment, et atteint la pointe du cœur. Enfin, naît un groupe de deux à trois artères inférieures.

Terminales

Ces sont les artères rétro-ventriculaire gauche et inter-ventriculaire postérieure. Le tronc rétro-ventriculaire gauche se distribue à la face postérieure du ventricule gauche : son développement est fonction de celui de l'artère circonflexe. Elle fournit la première artère septale qui vascularise le nœud atrio-ventriculaire. L'artère inter-ventriculaire postérieure donne des branches pour les deux ventricules ainsi que des artères septales.

Dominance coronaire

L'artère coronaire dominante est celle qui vascularise la paroi diaphragmatique et la partie inférieure du septum inter-ventriculaire. Ainsi l'artère coronaire qui va donner l'artère inter-ventriculaire postérieure et les branches diaphragmatiques est dominante. Il s'agit le plus souvent de l'artère coronaire droite (dominance droite : 80%), mais parfois du réseau circonflexe de l'artère coronaire gauche (dominance gauche : 10%), les autres cas correspondent à un partage entre les deux artères coronaires (circulation équilibrée : 10%).

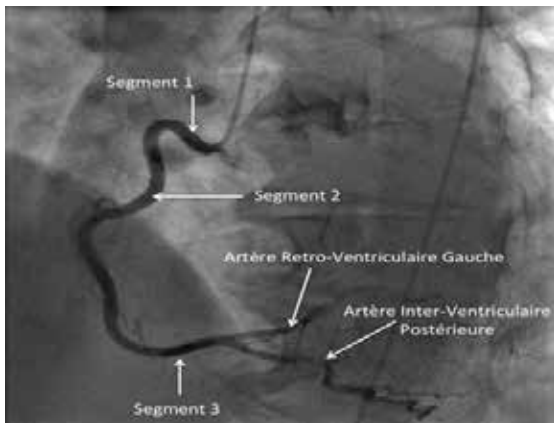


Figure 3 : Artère coronaire droite et ses collatérales.

Hémodynamique de la circulation coronaire

La distribution du sang coronaire est assurée par les artères coronaires épicaudiques qui sont des vaisseaux de conductance, étant donné qu'ils constituent uniquement 10% des résistances coronaires. Les artérioles coronaires sont, par contre, le support de cette résistance car ils adaptent le débit à la demande énergétique. Enfin, les capillaires assurent les échanges avec les cellules myocardiques.

Le débit coronaire est de 80 ml/mn/100g de myocarde ce qui correspond pour un organe pesant 300g environ 250ml/mn. Ce débit représente ainsi 4-5% du débit cardiaque. Le débit coronaire est assuré par des vaisseaux sous-épicaudiques qui cheminent à la surface du cœur et donnent des vaisseaux intramusculaires qui pénètrent au sein du myocarde pour donner le réseau artériel sous-endocardique.

Du fait de cette disposition artérielle particulière, le flux coronaire est donc soumis aux variations de la pression intra myocardique. En effet, au cours de la systole, la contraction cardiaque entraîne une augmentation de la pression tissulaire qui écrase les vaisseaux intrapariétaux et interrompt de ce fait la circulation.

Ceci est clairement objectivé lors de la phase de contraction iso-volumétrique et lors d'une partie de la phase d'éjection et ce particulièrement au niveau du ventricule gauche où règne une pression élevée. La relaxation du cœur au cours de la diastole permet de rétablir le flux coronaire qui paraît de ce fait cyclique dans le temps.

Cette vascularisation essentiellement diastolique explique les effets néfastes de la tachycardie lors des cardiopathies ischémiques puisque l'augmentation de la fréquence cardiaque se fait aux dépens d'un raccourcissement de la diastole et donc d'une amputation du temps réservé à la vascularisation coronaire. Quant à la perfusion du ventricule droit et des oreillettes, elle est continue du fait que même durant la systole, la pression régnant au sein de ces cavités est faible et n'empêche donc pas la vascularisation.

D'un autre côté, on remarque qu'au sein même du myocarde, la vascularisation n'est pas uniforme du fait de l'hétérogénéité de la répartition de la pression intramyocardique. En effet, les couches sous-endocardiques sont soumises à la pression sanguine intraventriculaire et à la pression exercée par la contraction des fibres musculaires adjacentes. De ce fait, le sous-endocarde est nettement moins bien perfusé en systole que la couche sous-épicaudique. Néanmoins, durant la diastole, le sang est dirigé de façon préférentielle vers les couches

sous-endocardiques qui ont en quelque sorte subi "une hypo-perfusion systolique" de telle sorte que le rapport entre le débit coronaire sous-endocardique et sous-épicaire est de 1,1 à 1,2. Cette variation de la circulation coronaire dans l'espace explique la vulnérabilité des couches sous-endocardiques lors des phases d'ischémie.

Régulation de la circulation coronaire

La circulation coronaire est la circulation nourricière du myocarde. Elle constitue un type particulier de circulation régionale étant donné qu'elle irrigue un organe en perpétuel travail. Le cœur est ainsi, après le cerveau, le deuxième consommateur d'énergie de l'organisme.

L'apport en oxygène du myocarde dépend de deux paramètres essentiels : le débit coronaire, c'est-à-dire la quantité de sang, apportée par minute par les coronaires au myocarde, et les possibilités d'extraction d'oxygène du sang artériel, exprimées par la différence artérioveineuse (DAV) en oxygène. Plus l'extraction en oxygène est importante, plus la DAV est élevée. La particularité du sang irrigant le myocarde est d'avoir une DAV, donc une extraction, déjà maximale au repos. Ainsi, quand les besoins en oxygène sont augmentés (à l'effort, par exemple), l'apport supplémentaire en oxygène ne peut venir que d'une augmentation du débit coronaire. Cette augmentation de débit a lieu grâce à un ensemble de mécanismes qui aboutissent à une vasodilatation des micro capillaires coronaires : c'est ce qui est appelé la réserve coronaire.

Les mécanismes de régulation qui permettent une augmentation du débit coronaire en présence d'une augmentation des besoins sont multiples. Peuvent être cités l'autorégulation, la pression de perfusion, l'activité métabolique, le système nerveux autonome, la compression myocardique. Nous développons quelques-uns de ces mécanismes.

L'autorégulation est le maintien de la perfusion myocardique à un niveau constant malgré les modifications de pression de perfusion entre 130 et 40 mm Hg. Un homme en position assise avec une pression artérielle systolique de 130 mm Hg possède un débit coronaire x . Ce débit est exactement le même lors du passage à la position orthostatique avec une pression systolique de 125 mmHg.

Les facteurs métaboliques locaux agissent en provoquant une vasodilatation coronaire. L'hypothèse la plus séduisante est celle du rôle de l'adénosine. Lors d'une augmentation de la consommation myocardique en O_2 , la concentration en oxygène tissulaire diminue et une grande quantité d'ATP est dégradée en adénosine mono phosphate puis en adénosine qui entraîne une vasodilatation coronaire. D'autres substances vasodilatatrices ont été également évoquées comme le potassium, le

CO_2 ou la bradykinine.

L'endothélium coronaire occupe une place capitale dans la régulation du débit coronaire par le biais de la vasodilatation coronaire. Plusieurs substances peuvent modifier la vasomotricité coronaire en agissant soit directement sur la cellule musculaire lisse de la paroi vasculaire ou indirectement par le biais de la cellule endothéliale. Parmi les substances qui ont été les plus étudiées, il y a le monoxyde d'azote. Il s'agit d'une petite molécule (NO ou EDRF) comportant un électron célibataire expliquant l'extrême réactivité chimique de cette substance.

Il existe plusieurs facteurs stimulant la libération du NO (monoxyde d'azote) notamment les produits d'agrégation plaquettaire, la sérotonine, la bradykinine et les catécholamines.

La participation du système nerveux dans la vasodilatation coronaire suscite beaucoup de discussions. Il est vrai que les coronaires reçoivent une importante innervation sympathique qui leur parvient grâce à des fibres issues du ganglion stellaire. Leur stimulation engendre une augmentation du débit coronaire laissant envisager un éventuel effet vasodilatateur coronaire.

La réserve coronaire est définie par le rapport débit coronaire maximum sur débit coronaire de base après vasodilatation maximale (figure 4). La diminution de cette réserve peut être le fait d'une augmentation du débit coronaire de base (anémie, augmentation de la demande myocardique en oxygène, pathologie valvulaire), ou d'une diminution du débit coronaire maximal (sténose des vaisseaux coronaires épicaire, pathologie de la microcirculation coronaire). La tachycardie peut être également un facteur limitant du débit coronaire maximal qu'il faut connaître pour toute interprétation d'une réserve coronaire. Celle-ci constitue un moyen d'étudier les capacités de la microcirculation coronaire à maintenir un débit coronaire adapté à la demande myocardique en oxygène notamment en cas de sténose coronaire.

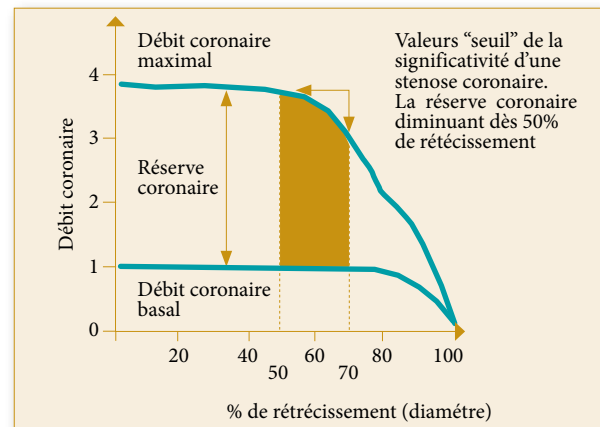


Figure 4 : Concept de la réserve coronaire.

Énergétique cardiaque

Les principaux déterminants de la consommation myocardique en oxygène sont essentiellement représentés par la fréquence cardiaque, l'inotropisme, la tension pariétale et le niveau de la pré-charge et de la post-charge. Le myocarde est pourvu d'une extraction d'oxygène déjà maximale au repos de sorte que toute augmentation des apports énergétiques au myocarde ne peut se faire que par une augmentation du débit coronaire. Le sang veineux coronaire est de ce fait le plus désaturé de l'organisme. La saturation moyenne de l'hémoglobine dans le sinus coronaire (grosse veine qui draine le sang veineux coronaire) est de l'ordre de 30%.

Cette énergie, essentiellement destinée à assurer les besoins de l'activité mécanique, est fournie par l'ATP issu de l'oxydation des substrats. Ce phénomène se produit en aérobiose et provient essentiellement des acides gras (70%) à travers la voie de la bêta-oxydation mais également du glucose, des lactates, des acides aminés et des corps cétoniques. Le rendement énergétique le plus important est apporté par les acides gras qui produisent 130 molécules d'ATP contre seulement 38 pour le glucose. Cependant, la quantité d'oxygène nécessaire pour « brûler » une molécule d'acide gras est plus importante que celle nécessaire pour « brûler » une molécule de glucose, d'où l'intérêt de détourner le métabolisme de la bêta-oxydation vers celui utilisé par le pyruvate kinase (glucose) en cas de dette en oxygène.

Conclusion

Le réseau coronaire gauche, constitué du tronc commun gauche qui se divise principalement en une artère interventriculaire antérieure et artère circonflexe, et le réseau coronaire droit cheminent dans les sillons inter-ventriculaires et inter atrio-ventriculaires pour former une double couronne autour du cœur, d'où leur nom. Étant un organe en perpétuel travail et pourvu d'une capacité d'extraction d'oxygène du sang maximale déjà au repos, le cœur a besoin donc d'un débit sanguin suffisant et continu. Cela est assuré grâce à une régulation complexe, minutieuse et précise. Cette régulation permet de garantir, à l'état normal, l'énergie nécessaire au fonctionnement mécanique du cœur, qui provient essentiellement des acides gras.

Date de soumission

14 octobre 2019

Liens d'intérêts

L'auteur déclare ne pas avoir de liens d'intérêts.

Références

1. F. Leclercq. Anatomie et physiologie du cœur et des artères coronaires. J. Soin. 2015.01.017.
2. P. Garot, J. Garot, M. Morice M. Microcirculation coronaire. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Cardiologie, 11-029-A-10, 2011.
3. H. Drissi. Le journal marocain de cardiologie. 2010.
4. J.M. Garcier, S. Trogrlic, L. Boyer, P-D Crochet. Anatomie du cœur et des artères coronaires. J. Radiol. 2004;85:1758-1763.
5. Illustrations : www.cardio-paramed.com

Recommandations aux auteurs

Les articles soumis à publication doivent être envoyés à l'attention du directeur de la rédaction, adresse e-mail : redaction@el-hakim.net, vous trouverez sur le site web de la revue (www.el-hakim.net), le détail des recommandations aux auteurs, qui devront être observées lors de la soumission de tout article.