



ROYAUME DU MAROC
Université Mohammed V - Rabat
Faculté de Médecine et de Pharmacie
RABAT



Année : 2022

MSN°201/22

Mémoire de fin d'études
Pour L'obtention du Diplôme National de Spécialité
en **CARDIOLOGIE**

Intitulé

**INTÉRÊT DE L'IVUS DANS LA PRISE EN
CHARGE DES LÉSIONS CORONAIRES DU
TRONC COMMUN
(A PROPOS DE 21 CAS)**

Élaboré par :

Docteur MEHSSANI Zineb

Sous la direction de :

Professeur FELLAT Nadia

Professeur KALAY Nihat

2022

REMERCIEMENTS

Que tous mes maitres trouvent ici le témoignage de ma grande estime, de haute considération, de mon profond respect, ainsi que ma grande reconnaissance pour leur enseignement et leur dévouement. Un remerciement particulier à mon professeur et encadrant de ce mémoire, Professeur FELLAT Nadia.

LISTE DES ABREVIATIONS

ATC	: Angioplastie Coronaire
AVC	: Accident Vasculaire Cérébral
CTO	: Chronique Total Occlusion
Cx	: Circonflexe
DES	: Drug Eluting Stent
DK-Crush	: Double Kiss-Crush
EAPCI	: European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions
EBC	: European Bifurcation Club
EVAR	: EndoVascular Repair of Aortic Aneurysm
FFR	: Fractional Flow Reserve
FKB	: Final Kissing Balloon
HR	: Hazard Ratio
IC	: Intervalle de Confiance
IDM	: Infarctus Du Myocarde
IR	: Index de Remodelage
IVA	: InterVentriculaire Antérieure
IVUS	: Intra Vascular Ultra Sound
MB	: Main Branch
MLA	: Minimum Lumen Area
NC	: Non Compliant
OCT	: Optical Coherence Tomography
PAC	: Pontage Aorto-Coronaire
POT	: Proximal Optimization Technique
SAT	: Surface Artérielle Totale
SAL	: Surface Artérielle endoLuminale
SB	: Side Branch
SC	: Semi Compliant
SCA	: Syndrome Coronarien Aigue
SCC	: Syndrome Coronarien Chronique
SIS	: Surface Intra-Stent
TAVI	: Trans Aortic Valve Implantation
TCCG	: Tronc Coronaire Commun Gauche
TEVAR.	: Thoracic EndoVascular Repair of aorta
TS	: Thrombose de Stent

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1: Classification IVUS pour la distribution des lésions au niveau du de la bifurcation du TCCG. Une implication continue du TCCG distale dans l'IVA proximale est présente dans 90 % des cas, selon Oviedo et al. [14].....	13
Figure 2: Algorithme proposé pour les choix de stratégie dans la prise en charge des lésions du TCCG tel que suggéré par Rab et al. [32,39]. (SB, Side Branch, branche fille.).....	20
Figure 3: Différence de résolution entre IVUS électronique et IVUS mécanique (même patient, même niveau de coupe).....	27
Figure 4: Image échographique objectivant les 3 couches d'une artère coronaire.	30
Figure 5: Image IVUS objectivant une plaque d'athérome (en rouge).....	31
Figure 6: Image IVUS mettant en évidence une dissection de l'artère coronaire.	32
Figure 7: A gauche, image IVUS d'une artère coronaire stenté avec une bonne apposition, à droite, une mauvaise apposition du stent.....	33
Figure 8: Image IVUS montrant un artefact en regard de la lésion.	35
Figure 9: En vert, la Surface Artérielle Endo-luminale (SAL), en bleu, la Surface Artérielle Totale (SAT).	36
Tableau 1: Propriétés, avantages et inconvénients de l'IVUS et de l'OCT (d'après Räber L. [5] et Maehara A. [57]	52

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION :	8
1.1. Tronc commun (TC) :	10
1.1.1. Anatomie et caractéristique de plaque :	10
1.1.2.Épidémiologie et étiologies des lésions du TC :	11
1.1.3. Classification MEDINA :	12
1.1.4. Mode de revascularisation :	13
1.1.5. Sécurité de l'Angioplastie du TCCG :	14
1.1.5. Technique interventionnelle pour la prise en charge des lésions du TCCG :	15
1.1.5.1. Stratégies et techniques :	15
1.1.5.2. Technique à 1 stent :	16
1.1.5.3. T-Stenting / TAP :	18
1.1.5.4. Technique à 2 stents :	19
1.1.6. Recommandation de la prise en charge des lésions du TCCG :	20
1.2. L'échographie intra Vasculaire (IVUS) :	21
2. MATERIEL ET METHODE :	24
2.1. Population de l'étude :	24
2.1.1. Critères d'inclusion :	24
2.1.2. Critères d'exclusion :	24
2.2.Objectif de l'étude :	24
2.3. Aspect technique :	25
2.3.1. Principe physique de l'échographie intravasculaire (IVUS):	25
2.3.2. Matériel d'échographie :	26
2.3.3. Déroulement de l'examen	28
2.3.4. Analyse et interprétation iconographique de l'IVUS :	29
2.3.4.1. Analyse qualitative :	29
2.3.4.1.1. Artère coronaire normale :	29
2.3.4.1.2. Artère coronaire pathologique :	30
2.3.4.1.3.La dissection coronaire :	31
2.3.4.1.4. Plaque instable :	32
2.3.4.1.5. Artère coronaire stentée :	33
2.3.4.2.Éliminer / identifier les artefacts :	34

2.3.4.3. Analyse quantitative :	35
2.3.4.3.1. Mesures des diamètres et des surfaces du TCCG :	35
2.3.4.3.2. Index de remodelage :	36
2.4. Analyse des données cliniques :	37
3. RÉSULTATS :	38
3.1. Caractéristiques de la population / Données cliniques :	38
3.1.1. Prévalence des lésions du TC :	38
3.1.2. Age :	38
3.1.3. Sexe :	38
3.1.4. Facteurs de risques cardiovasculaires :	39
3.1.5. Motif de consultation :	39
3.2. Caractéristiques de la procédures / Données paracliniques :	39
3.2.1. Coronarographie :	39
3.2.1.1. La Localisation de la lésion du TCCG :	39
3.2.1.2. La Classification MEDINA selon les résultats de la coronarographie :	40
3.2.2. IVUS :	41
3.2.2.1. Indication :	41
3.2.2.2. IVUS analytique :	42
3.2.2.2.1. Évaluation de la sévérité de la lésion :	42
3.2.2.2.2. Evaluation de la localisation de la lésion :	43
3.2.2.2.3. Classification de la lésion par la classification MEDINA selon les résultats de l'IVUS:	44
3.2.2.2.4. Comparaison entre les résultats de la coronarographie et de l'IVUS concernant la localisation des lésions du TCCG :	45
3.2.2.2.5. Évaluation de la nature de la lésion :	46
3.2.2.3. IVUS en aide à l'angioplastie coronaire du TCCG :	47
3.2.2.3.1. L'IVUS a permis de décider de la technique à utiliser selon la classification MEDINA obtenu pour 15 patients.	47
3.2.2.3.2. Choix de la taille du stent :	48
3.2.2.3.3. IVUS post procédural : Tous nos patients ont bénéficié de l'IVUS post implantation.	49
3.3. Données de l'évolution intra hospitalière. :	50
4. DISCUSSION :	51
4.1. IVUS analytique :	51
4.1.1. Analyse qualitative / Analyse morphologique de la lésion :	51

4.1.1.1. Nécessité de préparer la lésion :	54
4.1.1.2. Images ambiguës angiographiques :	55
4.1.2. Analyse quantitative / Évaluation de la sévérité de la lésion du TCCG : Diamètres, surface, longueur.	56
4.2. IVUS en aide à l'angioplastie coronaire du TCCG / L'IVUS, un outil interventionnel :	57
4.2.1. Expansion du stent :	58
4.2.2.1. La mal-apposition initiale du stent :	60
4.2.2.2. La plaque résiduelle :	61
4.2.2.3. Les dissections en regard des berges du stent :	61
4.2.2.4. L'hématome intra pariétal :	62
4.2.2.5. La thrombose de stent :	63
4.3. Impact clinique de l'angioplastie guidée par l'IVUS :	64
5. CONCLUSION :	67
6. REFERENCES	72

1. INTRODUCTION :

La coronaropathie et ses complications thromboemboliques constituent la principale cause de morbidité et de mortalité dans le monde. Au cours des cinq dernières décennies, l'angiographie coronarienne a été l'étalon-or pour la visualisation et la détection de la sténose coronaire. Elle permet de repérer, localiser et évaluer la sévérité d'une sténose coronaire. Cependant, l'angiographie présente plusieurs limites. Premièrement, elle permet uniquement la visualisation de la lumière artérielle coronaire, ne donnant ainsi que peu d'informations sur les caractéristiques morphologiques internes de potentielles plaques athéromateuses de la paroi artérielle. Secondairement, même avec l'utilisation d'incidences multiples complémentaires, la représentation en deux dimensions peut sous-estimer une sténose excentrée. Enfin, en présence de superposition de vaisseaux ou encore lors de l'évaluation de lésions coronaires intéressant des bifurcations, les effets de distorsions radiologiques limitent l'interprétation des sténoses en angiographie.

L'identification et l'évaluation d'une sténose significative du Tronc Commun Coronaire Gauche (TCCG) sont d'une importance capitale car elles sont associées à une morbidité et une mortalité élevées en raison de la grande quantité de myocarde à risque. L'évaluation anatomique par la coronarographie seule présente de nombreuses limites dans l'évaluation des lésions du TCCG avec une grande variabilité inter observateur.

L'échographie intra-vasculaire (*IntraVascular UltraSound* : *IVUS*) ou endo-coronaire, permet de fournir une image en temps réel de haute résolution de l'ensemble de la paroi artérielle. L'IVUS a été développée à partir des travaux de Bom *et al.* en 1971 [1,2] ; les premières images de vaisseaux datent des années 1980 et la technique a été appliquée pour la première fois à des coronaires

humaines en 1988 [3]. La miniaturisation, actuellement à 2,9 french (0,9mm) pour une fréquence de 40 MHz à 50 MHz, a facilité son utilisation dans les coronaires. Par rapport à l'angiographie conventionnelle, l'IVUS permet de détecter et de caractériser anatomiquement de façon précise les plaques d'athérosclérose, en donnant des informations complémentaires sur leur composition (fibreuse, cellulaires, calcifiées), leurs tailles, mais également sur les dimensions artérielles en regard.

L'IVUS a joué un rôle très important dans l'angioplastie coronaire (ATC), grâce aux données apportées concernant les mécanismes de l'angioplastie, et l'identification de potentielles complications, incluant l'occlusion aigue ou subaiguë coronaire et la resténose coronaire. L'IVUS a pu ainsi contribuer à optimiser l'angioplastie en pratique quotidienne. Cette amélioration globale de l'angioplastie peut expliquer en partie qu'il est difficile de démontrer un bénéfice sur la mortalité quand l'IVUS, pour guider les angioplasties, est utilisé systématiquement.

En 2001, un comité de consensus d'expert mandaté par *l'American College of Cardiology* (ACC) en association avec la Société Européenne de Cardiologie (ESC) se sont rassemblés pour standardiser l'utilisation de l'IVUS [4]. En 2018, un consensus d'expert de l'EAPCI (*European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions*) précise les indications cliniques de l'imagerie endo-coronaire [5]. Enfin, les recommandations européennes sur la revascularisation myocardique de 2018 donnent une recommandation de classe IIa pour l'utilisation de l'IVUS pour guider l'angioplastie du tronc coronaire commun gauche [6].

Plusieurs études prospectives et méta analyses ont montré un intérêt clinique de l'angioplastie coronaire (ATC) guidée par FFR (Fractional Flow Reserve) (qui

permet de déterminer si sténose coronaire entraîne ou non une souffrance myocardique) pour les lésions intermédiaires du TCCG [7,8,9]. Trois études ont montré une bonne corrélation entre une surface endo-luminale à l'IVUS du TCCG $\geq 4,5-5,9\text{mm}^2$ et une FFR $<0,75-0,80$ pour une sténose isolée du TCCG [10]. La précision diagnostique de l'IVUS dans ce domaine semble meilleure pour le TCCG que pour les autres vaisseaux étant donné sa variabilité limitée de longueur et de diamètre. Les critères retenus concernant la surface du TCCG significatif dans les pays occidentaux sont de $5,9 - 6,0\text{mm}^2$ contre $4,5 - 4,9\text{mm}^2$ dans les pays asiatiques [8].

1.1. Tronc commun (TC) :

1.1.1. Anatomie et caractéristique de plaque :

Sur le plan anatomique, le TCCG naît le plus couramment du sinus antéro-gauche puis bifurque pour donner naissance à l'interventriculaire antérieur (IVA) et la circonflexe (Cx) [11]. Il est absent dans 1% des cas, sa longueur variant de 0 à 60mm. Son diamètre normal moyen est de $3,9\pm 0,4\text{mm}$ chez la femme et de $4,5\pm 0,5\text{mm}$ chez l'homme. Les deux à quatre premiers millimètres cheminent en biais dans la paroi aortique et sont donc entourés de cellules musculaires lisses aortiques et de tissu élastique, sans adventice. Le TCCG est bifurqué dans 2/3 des cas, trifurqué dans 30% et quadrifurqué dans 4%. Le TCCG est divisé en ostium, tronc et bifurcation.

Le TCCG contient un composant de tissu élastique plus élevé par rapport au reste de l'arbre coronaire [12] et lorsque la bifurcation est impliquée, la carène est épargnée. L'ostium du TCCG n'a pas de tunique adventice et est plus riche en cellules musculaires lisses et en tissu élastique que toute autre partie du TCCG et

de ses branches [13]. Dans une étude d'Oviedo, il a été constaté que la plaque continue du TCCG dans le IVA proximal dans 90 % des cas, du TCCG dans l'artère Cx dans 66,4 % et du TCCG dans les artères IVA et Cx dans 62 %. La plaque localisée à l'ostium IVA ou Cx et n'impliquant pas le TCCG distale a été observée dans seulement 9,3 % des lésions de l'IVA et 17,1 % des artères Cx. [14].

Le TCCG vascularise classiquement plus des 2/3 du ventricule gauche (VG), ce qui explique aisément les conséquences ischémiques d'une sténose du TCCG [15]. Une lésion du TCCG est retenue comme significative lorsqu'elle est $\geq 50\%$ [16]. La pathologie athéromateuse est rarement focale lorsqu'elle atteint le TCCG et elle implique la bifurcation dans 80% des cas [16,17].

1.1.2. Épidémiologie et étiologies des lésions du TC :

L'incidence de la sténose du TCCG identifiée en coronarographie est comprise entre 5 et 7% [11,15]. La maladie TCCG non protégée est définie comme une sténose significative dans le TCCG sans pontage coronarien antérieur ou de pontage breveté dans les artères IVA ou circonflexe. La maladie du TCCG (c'est-à-dire une sténose $> 50\%$) a été détectée chez 1 477 (7,3 %) des 20 137 patients du registre *Coronary Artery Surgery Study* (CASS)[18]. Dans ce registre, la survie s'est significativement améliorée avec la chirurgie par rapport à la prise en charge médicale des patients avec une maladie du TCCG asymptomatique, indiquant ainsi un pontage coronarien chez tous les patients présentant une sténose $> 50\%$, quel que soit l'état des symptômes. Cependant, le traitement percutané de la sténose du TCCG est rendu possible grâce aux progrès de la cardiologie interventionnelle. [19]

Le TCCG représente la plus large bifurcation coronaire dont le traitement était jusqu'à il y a peu l'apanage de la chirurgie. Le développement des techniques de revascularisation percutanée permet aujourd'hui d'aborder certaines lésions mais expose à des complications potentielles en relation avec l'importance du territoire vascularisé par ce segment d'artère. La perte potentielle de la branche secondaire par dissection ou occlusion aiguë et l'échec d'un re-franchissement conditionnent aussi le pronostic de la revascularisation par angioplastie du TCCG.

Les lésions du TCCG surviennent le plus souvent en raison de l'athérosclérose, tandis que d'autres causes moins fréquentes incluent le vasospasme, l'artérite, la radiothérapie, la compression extrinsèque, etc.

1.1.3. Classification MEDINA :

La classification de MEDINA [30,31] est une classification angiographique de la complexité des lésions de bifurcation qui aide à définir la distribution de la plaque et permet de guider l'angioplastie. Elle ne permet cependant pas de prédire les conséquences de l'angioplastie. Les classes de MEDINA 1,1,1 1,0,1 et 0,1,1 désignent de véritables lésions de bifurcation.

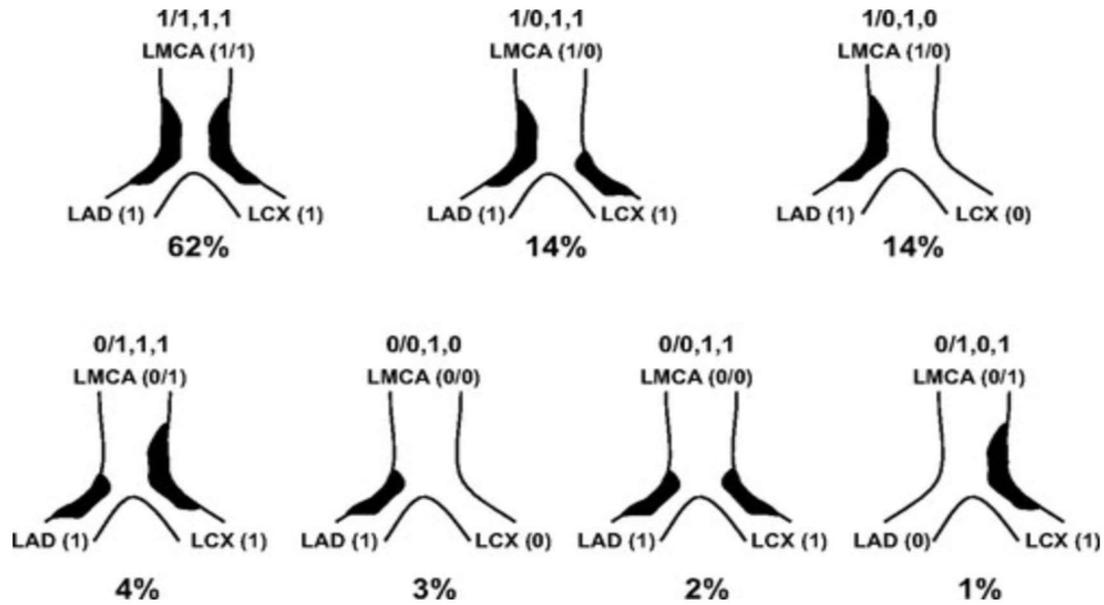


Figure 1: Classification IVUS pour la distribution des lésions au niveau du de la bifurcation du TCCG. Une implication continue du TCCG distale dans l'IVA proximale est présente dans 90 % des cas, selon Oviedo et al. [14]

1.1.4. Mode de revascularisation :

Deux stratégies thérapeutiques sont possibles en cas de sténose du TCCG : Le pontage aorto-coronaire (PAC) ou l'angioplastie coronaire (ATC) mais très rarement un traitement médicale seule. Pendant de nombreuses années, le pontage aorto-coronaire a été le traitement de référence, ceci grâce à sa supériorité établie en termes de mortalité par rapport au traitement médicale [12,13]. Le premier cas d'angioplastie du TCCG a pour sa part été réalisé par Andreas Gruentzig le 21 novembre 1977, bien avant l'ère du stent [14]. Cependant, grâce au développement et à l'amélioration des stents actifs, l'angioplastie est devenue un traitement efficace et performant [20] dans la revascularisation du TCCG. Toutefois, plus de 40 ans plus tard, les défenseurs de chaque option thérapeutique

continuent de débattre de la stratégie à adopter en première intention en cas d'atteinte du TCCG.

1.1.5. Sécurité de l'Angioplastie du TCCG :

Plusieurs études randomisées ont démontré la sécurité de l'angioplastie du TCCG [21,22,23,24]. L'étude PRECOMBAT (première étude randomisée comparant pontage et angioplastie avec stents actifs au Sirolimus) a retrouvé des résultats similaires à 5 ans concernant le critère composite (décès, infarctus du myocarde, accident vasculaires cérébral, revascularisation induite par l'ischémie) [21].

Dans l'essai SYNTAX (ATC par stent actif Taxus® *versus* PAC), le sous-groupe ATC TCCG avec score Syntax <33 présentait des taux similaires de décès et d'évènements cardiovasculaires après revascularisation à 5 ans [25].

L'étude de grande ampleur EXCEL, la plus récente, n'a pas retrouvé de différence en termes de mortalité, accident vasculaire cérébral (AVC) ou infarctus du myocarde (IDM) à 3 ans entre les deux techniques en cas de sténose serrée du TCCG avec score Syntax bas ou intermédiaire [16]. Aucune différence de mortalité à 5 ans entre les deux techniques n'a également été prouvée dans une méta-analyse de référence [26]. Grâce à cet argument de sécurité prouvé et maintenant reconnu, l'angioplastie du TCCG s'est largement développée dans notre pratique quotidienne, avec une nécessité d'un résultat le plus optimal possible.

1.1.5. Technique interventionnelle pour la prise en charge des lésions du TCCG :

1.1.5.1. Stratégies et techniques :

Il est maintenant reconnu que l'expérience de l'opérateur dans l'angioplastie du TCCG (au moins 15 procédures par an sur les 3 dernières années) influence les résultats à court et moyen terme [27]. Les nouvelles recommandations européennes font état d'un minimum de 25 procédures par opérateur [6].

La première étape, après calcul et choix des incidences de travail, consiste à utiliser un guide d'angioplastie 0,014'' dans chaque branche, en introduisant le 2^{ème} guide dans la branche fille avec le moins possible de rotation afin d'éviter au maximum leur emmêlement. La prédication au ballon non compliant (NC) est nécessaire afin de préparer la lésion au '*stenting*' car très souvent les lésions du TCCG sont calcifiées et résistantes, le direct '*stenting*' ne semblant pas être une bonne stratégie dans l'angioplastie du TCCG.

L'angioplastie du TCCG ostial sans traitement de la bifurcation IVA/ Circonflexe est simple, cette procédure étant associée à un taux plus faible de revascularisation répétée tardive [28].

L'ostium de TCCG ne présente pas de tunique adventice et il est plus riche en muscles lisse et tissu élastique que la partie distale du TCCG, ce qui incite certains opérateurs à recourir au ballon coupant pour les lésions ostiales du TCCG.

En cas de lésion très calcifiée, le recours à l'athérectomie rotative ne doit pas être négligé. Ses risques peuvent être réduits en utilisant une vitesse de rotation de 140 000 à 170 000 tours/min, des fraisages n'excédant pas 10 secondes, et des tailles de fraises de 1,5 et 1,75 mm [29].

Si le choix du stent ne se discute plus quant à l'utilisation d'un stent actif, en revanche, il est nécessaire de bien connaître la capacité maximale du diamètre

d'ouverture des stents utilisés, variant d'une compagnie à une autre et singulièrement en présence d'un TCCG de gros calibre, et qui peuvent exclure un patient d'une procédure de revascularisation percutanée si l'expansion maximale du stent ne permet pas d'atteindre les parois du TCCG.

Le diamètre du stent doit être soigneusement sélectionné en fonction du diamètre du vaisseau distal (le plus souvent IVA) en respectant la loi fractale de Finet [30] :

$$[(\text{Diamètre du stent du TCCG} = \text{Diamètre IVA} + \text{Diamètre Cx}) \times 0,67]$$

Un stent surdimensionné augmenterait le risque de dissection et d'occlusion de la branche fille ou *Side Branch* (SB).

L'*European Bifurcation Club* (EBC) recommande une approche provisionnelle de la branche fille (SB) (Approche Provisionnal = Technique à un stent) dans la plupart des cas de sténose du TCCG [31] : approche à un stent avec optimisation proximale (POT : Proximal Optimisation Technique), '*kissing ballon*' permettant l'ouverture de maille après re-franchissement en direction de la branche fille et stenting de cette SB uniquement en cas de résultat angiographique insatisfaisant, dissection, flux TIMI <3 ou FFR<0,80, sténose ostiale par bascule ou '*Shifting*' de plaque, puis terminer par un POT final.

En cas de sténose de la SB $\geq 70\%$ et de longueur $\geq 10\text{mm}$, la probabilité d'angioplastie de la SB est plus élevée et, dans ce cas, une attitude d'emblée à 2 stents semble préférable avec implantation du premier stent dans cette SB puis une angioplastie par technique DK- crush (*Double Kiss-Crush*). [32].

1.1.5.2. Technique à 1 stent :

L'angioplastie à 1 stent dans l'axe de l'IVA, suivi d'une réouverture de maille en direction de la SB est la stratégie la plus fréquente et elle est réalisée en moyenne dans 75% des angioplastie du TCCG [16]. Ceux d'autant que la circonflexe

présente une sténose ostiale non significative avec une longueur de lésion < 5 mm, ou si elle est de petit calibre avec un diamètre < 2,0 mm. Si la lésion prédominante est dans l'axe de la circonflexe et si l'ostium de IVA n'est pas malade, un provisionnel T stenting peut être réalisé dans l'axe du TCCG / circonflexe.

La couverture complète du TCCG en l'absence de lésion proximale semble préférable à l'exception des troncs très longs et sains dans leur partie proximale.

La visualisation optimale du TCCG doit être réalisée sous plusieurs incidences : Incidence 'Spider' caudale 25°/OAG 45°, 'Spider inversée' (caudal 45°/OAG 25°), incidence caudale pure 30°/0°, ou crâniale 45°/OAG 25°. Cette incidence crâniale est indispensable dans l'analyse du positionnement ostiale du stent avant son implantation,

Après expansion du stent, la technique d'optimisation proximale (POT) doit ensuite être réalisée avec un ballon semi compliant (SC), le plus souvent afin d'apposer correctement le stent dans le TCCG, ce qui facilitera aussi le re-franchissement vers la SB. Pour la réalisation du POT, il est important de noter que l'extrémité distale du ballon doit être placée au niveau de la carène.

Le re-franchissement de la maille s'effectuera plutôt avec un 3^{ème} guide permettant de conserver le guide dans l'axe TCCG / *Main Branch* (MB). Le re-franchissement au niveau de la carène doit être réalisé via la maille la plus distale possible, en reculant. Le guide de la SB « emprisonné » est ensuite retiré en faisant particulièrement attention aux risques de compression longitudinale du stent. L'ouverture de maille est ensuite réalisée grâce à un ballon le plus souvent non compliant (NC), suivi plus ou moins d'un *kissing balloon* (KB) qui permet de recentrer la carène au centre de la bifurcation, puis un re-POT final sera systématique, ce qui optimise le résultat du stenting en maintenant la géométrie circulaire du TCCG. Si le résultat de la SB est insuffisant après stenting avec flux

TIMI<3 ou FFR<0,80, un second stent peut être placé selon la technique T/TAP ou la technique de la Culotte. Un '*Final Kissing Balloon*' (FKB) ou « FKB modifié » avec pressions d'inflation asymétriques sera alors nécessaire [33].

1.1.5.3. T-Stenting / TAP :

Le positionnement du second stent est primordial, car les mailles du stent de la SB dépassant légèrement dans le TCCG, il est préférable de positionner un ballon non compliant dans l'axe du TCCG au préalable puis de réaliser un '*Final Kissing Balloon*' afin de créer une néo carène. L'analyse de l'angle de la carène est importante dans le positionnement du stent SB. Si l'angle de SB est en T, une petite partie protrusive du stent SB à l'intérieur du TCCG sera minimale. En revanche, les angles aigus de la SB implique la nécessité d'une plus grande saillie de l'endo-prothèse SB à l'intérieur du TCCG si on veut couvrir totalement la bifurcation. Lors du FKB, il est conseillé de déflater les 2 ballons simultanément [34].

L'inflation en *kissing* dans l'angioplastie du TCCG après ouverture de maille en direction de la branche fille, est prônés par plusieurs opérateurs, mais reste débattue. Dans ce sens, le dernier registre (ASAN-MAIN) à montrer de très bons résultats sans avoir mis en évidence des différences significatives en termes de mortalité, d'événements cardiovasculaires à 2 ans entre groupes avec ou sans *final kissing balloon* [35]. Deux études randomisées de tailles modérées ont évalué l'angioplastie du TCCG avec bifurcation en comparant la technique du *double kissing* avec stratégie de Culotte versus le Provisionnal stenting [36,37,38]. Dans les deux études, la technique du *double kissing* a permis de réduire significativement le critère composite primaire ischémie. Cette technique fut donc

considérée par de nombreuses équipes comme la technique de référence de l'angioplastie du TCCG distale.

1.1.5.4. Technique à 2 stents :

La technique de la Culotte a été progressivement délaissée en raison du taux élevé de re-sténose (toutefois essentiellement à l'époque du stent nu). Les études in vitro ont également montré une tendance à mettre en évidence une sous expansion du stent via cette technique [39].

Le DK (*Double Kiss*) *Crush* apparaît comme étant la technique de référence en cas de lésion complexe du TCCG [36,39]. La première étape est l'implantation du stent dans la SB, puis '*Crush*' au ballon de la protrusion dans le TCCG de ce même stent, et premier KB après re-franchissement. Le second stent s'est ensuite déplacé dans l'axe du TCCG/ MB puis suivi d'un 2^{ème} KB après à nouveau re-franchissement à travers les 2 couches du stent [40]. Toutefois ces techniques sont difficiles et doivent être réalisés par des opérateurs expérimentés.

Toutes les stratégies doivent être finalisées par un POT afin d'obtenir la meilleure apposition possible pour corriger l'inadéquation de taille entre le stent et le diamètre anatomique du TCCG [31].

Un essai randomisé (European Bifurcation Club EBC MAIN), comparant stratégie à un stent versus 2 stents est en cours [41] ainsi qu'une étude comparant stent actif à polymère biodégradable versus stent actif dédié aux lésions de bifurcation sont en cours (Polbos II).

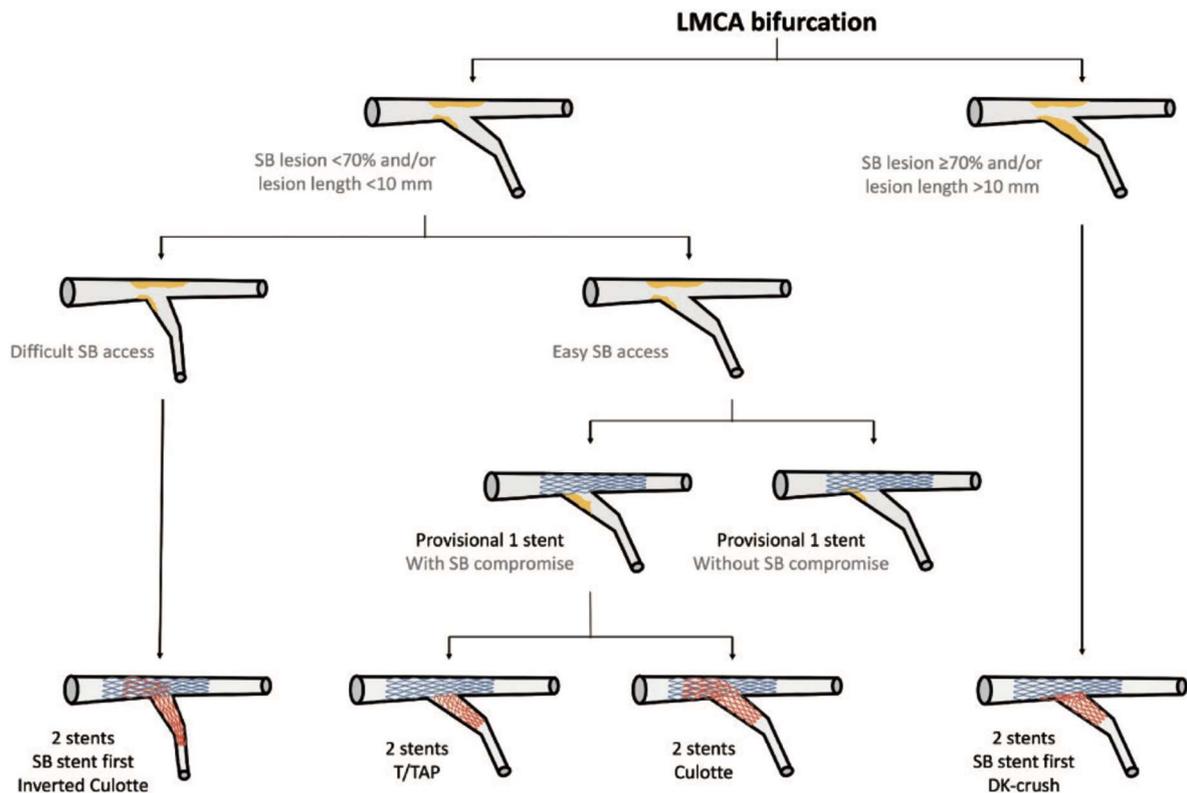


Figure 2: Algorithme proposé pour les choix de stratégie dans la prise en charge des lésions du TCCG tel que suggéré par Rab et al. [32,39]. (SB, Side Branch, branche fille.)

1.1.6. Recommandation de la prise en charge des lésions du TCCG :

Les recommandations concernant la revascularisation du TCCG ont progressivement évolué au fil du temps en Europe et aux États-Unis, de nouvelles preuves étant disponibles.

Suivant les recommandations actuelles de l'ESC (2018), les patients atteints d'une sténose significative du TCCG doivent bénéficier d'une revascularisation coronaire (Classe I, niveau de preuve A) [6].

Le pontage coronarien est recommandé chez tous les patients présentant une sténose significative du TCCG, avec atteinte coronarienne stable, anatomie

coronaire appropriée, et un risque de mortalité chirurgicale prédit comme faible (Classe I, niveau de preuve A) [6].

Les recommandations concernant l'angioplastie du TCCG varient selon la sévérité du score SYNTAX. Lorsque celui-ci est faible <22, la recommandation est de classe Ia concernant l'angioplastie. En cas de score SYNTAX intermédiaire (entre 22 et 32), la recommandation est de classe IIa, niveau de preuve B (ESC 2014) [42], et enfin de classe III, niveau de preuve B en cas de score élevé (>33) [6].

Les recommandations américaines de 2014 suivent également la sévérité du SYNTAX : actuellement IIa, IIb et III pour des scores respectivement faibles, intermédiaires ou élevée [43].

Les deux recommandations américaines et européennes mettent par ailleurs en avant l'intérêt d'une évaluation médico-chirurgicale en *Heart Team* dans la décision de revascularisation du TCCG.

L'angioplastie du TCCG est devenue une stratégie de revascularisation acceptable. L'évaluation de l'étendue et des caractéristiques de la maladie obstructive du TCCG par angiographie est difficile et limitée dans sa précision. En revanche, l'échographie intravasculaire (IVUS) fournit une imagerie précise de la lumière coronarienne ainsi que des mesures quantitatives et une évaluation quantitative des composants de la paroi vasculaire.

1.2. L'échographie intra Vasculaire (IVUS) :

L'IVUS est une technique d'imagerie endo-coronaire permettant de visualiser la paroi artérielle de l'artère coronaire, et d'en définir ses caractéristiques, son diamètre, sa surface, la longueur d'une éventuelle lésion, et ainsi de préciser si la lésion coronaire est significative ou non. Elle est particulièrement intéressante

pour les lésions du TCCG qui sont parfois difficilement individualisables seulement par angiographie, avec une grande variabilité inter et intra-observateur, et ceci est dû aux appositions des autres structures coronaires durant l'angiographie, et de la non-précision de l'analyse quantitative des diamètres par l'angiographie. [44]

Malgré les avancées et le perfectionnement des stents, plusieurs problèmes techniques sont non résolus, surtout en ce qui concerne l'optimisation des procédures du TCCG. Pour ce faire, il est impératif de bien caractériser les lésions du TCCG pour le choix de la technique interventionnelle adéquate, avec une bonne apposition du stent.

Comment l'IVUS permet d'améliorer les résultats de l'angioplastie du TCCG ?

D'abord en apportant des informations plus concrète et précise que l'angiographie en ce qui concerne les caractéristiques de la plaque, le diamètre réel du TCCG, et la distribution de la plaque. Son utilisation avant l'angioplastie aide pour le choix du diamètre, de la longueur, et de la position du stent. [45]

Il est particulièrement intéressant pour les lésions du TCCG distale pour décider de la stratégie à 1 ou 2 stents (soit par technique Provisionnelle ou des techniques plus complexes).

Enfin, l'IVUS post-implantation de stent du TCCG permet d'assurer une bonne implantation et apposition optimale, conduisant à des diamètres plus larges de stent. Un stent qui n'est pas bien 'ouvert' et mal-appositionné augmente le risque de thrombose de stent, et de re-sténose intra stent [46]. Ce qui est l'atout majeur de l'IVUS dans la prise en charge des lésions du TCCG, et ce qui est tout particulièrement vrai pour les techniques complexes à deux stents.

L'IVUS pour l'angioplastie du TCCG doit être effectuée avant, pendant et après l'intervention. L'IVUS améliore chaque étape de la procédure et est associée à un

avantage sur la mortalité par rapport au guidage angiographique seul. Dans cette revue, nous fournissons une mise à jour sur l'angioplastie du TCCG et le rôle de l'IVUS pour l'évaluation des lésions et l'optimisation du stent. En outre, les dernières preuves cliniques des avantages de l'angioplastie du TCCG guidée par IVUS par rapport à l'angiographie sont passées en revue.

L'objectif de notre travail est d'essayer de définir, à partir de l'analyse descriptive de l'activité de notre centre, l'intérêt de l'IVUS permettant d'améliorer les prises en charges des lésions du TCCG.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODE :

2.1. Population de l'étude :

Il s'agit d'une étude prospective descriptive basée sur l'analyse des résultats des dossiers médicaux des patients hospitalisés au sein du service de Cardiologie Interventionnel de l'Université de Erçiyès, à Kayseri, Turquie, sur une durée de 6 mois, de septembre 2021 à Mars 2022.

Une analyse prospective des dossiers médicaux, des films d'angiographie et des films d'imagerie endo-coronaire ont été réalisés afin de procéder notre étude.

2.1.1. Critères d'inclusion :

Nous avons inclus les patients ayant une suspicion de lésion du TCCG de plus de 50% (ostiale, moyenne ou distal) symptomatique.

2.1.2. Critères d'exclusion :

Nous avons exclus les patients de cette étude les patients ayant :

- Les lésions du TC <50%.
- Les lésions du TC asymptomatiques.
- Les lésions de l'IVA ostiale ou de la Cx ostiale, qui ont nécessité une IVUS pour déterminer la taille du TCCG, pour un geste interventionnel.

2.2. Objectif de l'étude :

- Définir les caractéristiques épidémiologiques, angiographiques et de l'échographie intra-vasculaire (IVUS) des patients se présentant pour une lésion du TC.
- Montrer l'intérêt de l'IVUS comme outil diagnostic.
- IVUS comme aide interventionnel.

2.3. Aspect technique :

2.3.1. Principe physique de l'échographie intravasculaire (IVUS):

Les ultrasons utilisés en exploration intravasculaire sont des ondes mécaniques de haute fréquence : 20 à 50 MHz. Le transducteur utilise les propriétés piézo-électriques d'un cristal (céramique) pour, alternativement, émettre et capter le faisceau d'ultrasons transmis puis réfléchi par les tissus biologiques (paroi des vaisseaux). Dans le champ proche, le faisceau émis est parallèle et cohérent, avec possibilité de focalisation pour optimiser l'imagerie. Dans le champ lointain, le faisceau diverge et l'image se détériore.

La propagation du faisceau varie selon les caractéristiques des tissus biologiques traversés, avec une atténuation en profondeur exponentielle. A l'interface de deux tissus d'impédance acoustique différente, le faisceau est en partie réfléchi et en partie transmis. Une interface très réfléchive (exemple : interface arc calcifié / tissu mou) s'accompagne d'un cône d'ombre postérieur par réflexion complète du faisceau. A l'opposé, une interface peu réfléchive (exemple : tissu mou/tissu mou) s'accompagne d'une transmission complète du faisceau sans réflexion. Le faisceau réfléchi est ainsi converti par le transducteur en signal électrique amplifié, filtré, traité dans la chaîne de l'échographe et enfin présenté sous forme d'imagerie échographique. [47]

La puissance du faisceau et la longueur du champ proche sont déterminées par la taille, et donc la surface du cristal. L'augmentation de la taille du cristal rend la miniaturisation délicate.

L'utilisation de hautes fréquences augmente la résolution de l'image, mais en contrepartie diminue la pénétration du faisceau et donc l'analyse en profondeur. Les différents paramètres physiques imposent donc la réalisation d'un compromis

afin d'obtenir des propriétés ultra-sonographiques optimales pour l'analyse de la paroi artérielle coronaire.

L'image échographique a principalement deux caractéristiques :

- La résolution spatiale est la capacité à distinguer deux points proches l'un de l'autre. La résolution spatiale axiale est sur l'axe du faisceau et la résolution spatiale latérale est perpendiculaire au faisceau. Pour des fréquences de 40 MHz, la résolution axiale est d'environ 80 microns et la résolution latérale de 150 à 200 microns.
- Le contraste est un facteur dépendant de l'échelle des gris, dont la dynamique optimise l'imagerie.

Le réglage de la profondeur et des gains proximaux permet de limiter la rétrodiffusion liée aux éléments figurés du sang qui peuvent gêner l'interprétation et particulièrement lorsque le flux sanguin est ralenti ; dans ce cas, un rinçage artériel par une solution saline peut être recommandé, permettant de renforcer le contraste endo-luminal en éliminant temporairement les éléments figurés du sang. Au final, l'échographie endo-coronaire fournit des coupes tomographiques de l'artère coronaire, détaillant l'architecture de la paroi vasculaire en 3 couches concentriques avec l'intima hyperéchogène, la média anéchogène et l'adventice, couche collagène à faible cellularité, hyperéchogène.

2.3.2. Matériel d'échographie :

Actuellement, deux types de matériel sont disponibles : [48,49]

- Les systèmes mécaniques : Le transducteur mono-élément est soumis à une rotation rapide, à 1800 tours/min, dans une gaine de protection. Les avantages sont la possibilité d'avoir une surface importante de cristal et donc des fréquences élevées de 30 à 50 MHz, avec possibilité d'avoir une bonne résolution spatiale. Ce sont les *Volcano Corporation* (Rancho

Cordova, CA), *Boston Scientific Corporation* (Natick, MA), *HD-IVUS and Acist Medical Systems Inc.* (Eden Prairie, MN) and *Terumo Corporation* (Tokyo, Japan) qui produisent ce type de cathéter. Cependant, la rotation mécanique est potentiellement génératrice d'artéfacts et nécessite des rinçages réguliers.

- Les systèmes électroniques présentent un ensemble de 64 multiéléments disposés en un anneau à l'extrémité de la sonde et qui fonctionnent selon le principe de '*Phased Array*' avec une fréquence de l'ordre de 20 à 25 MHz. Les avantages sont l'absence de rotation et donc de toute distorsion d'image. Cependant, la miniaturisation des cristaux limite la résolution spatiale échographique. C'est le *Volcano Corporation* (Rancho Cordova, CA) qui produisent les cathéters '*Phased Array*'.

Dans notre étude, nous avons utilisé le système mécanique par le biais de l'OptiCross de Boston Scientific, et le système électronique Eagle Eye de Volcano, de manière aléatoire.

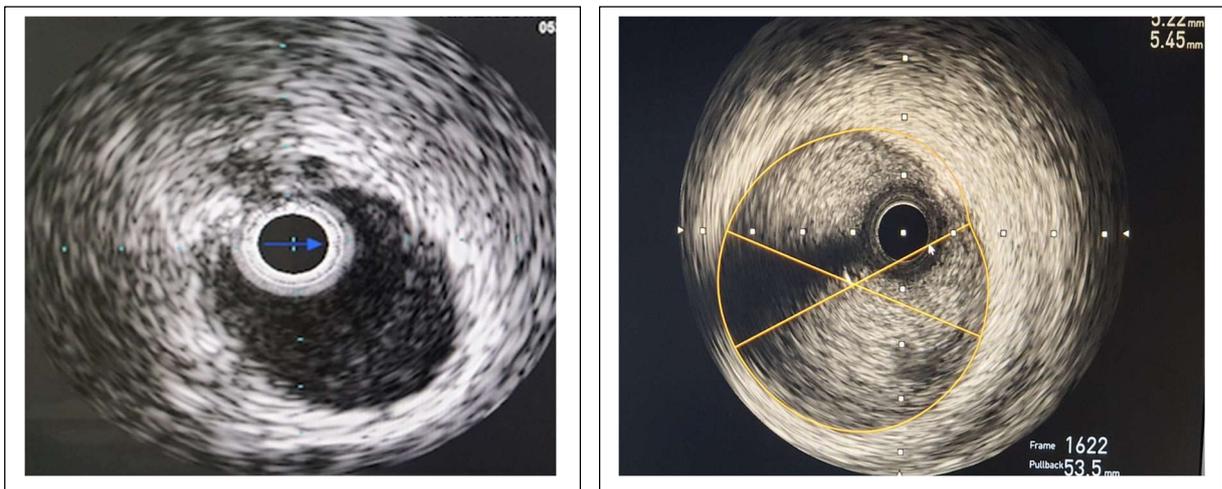


Figure 3: Différence de résolution entre IVUS électronique et IVUS mécanique (même patient, même niveau de coupe)

2.3.3. Déroulement de l'examen

Nous avons utilisé pour tous nos patients une voie fémorale avec un introducteur 6F ou 7F, en fonction de l'objectif du geste : 6F quand il y a une indication à l'IVUS uniquement, sans angioplastie, et 7F quand il y a une angioplastie de prévue et que l'IVUS est à visé diagnostique et en aide à l'angioplastie.

Lorsque l'IVUS révélait une lésion significative du TCCG, nous changeons d'introducteur 6F au 7F pour un geste interventionnel.

L'échographie intra-vasculaire est un acte de cathétérisme interventionnel et impose la même rigueur de procédure avec une administration systématique d'aspirine et d'héparine, en plus des dérives nitrées intra-coronaires en début de procédure, si la tension le permet.

Dans notre série, nous avons utilisé l'IVUS pour le diagnostic et la prise en charge des lésions du TCCG.

La sonde d'IVUS doit d'abord être mise sur un guide de 0,014mm. La mise en place de la sonde dans l'artère coronaire a été prudente (moteur arrêté en cas de sonde mécanique), sous scopie permanente, sans accrochage.

L'extrémité de la sonde d'IVUS a été positionnée à 10mm en distalité de la lésion à étudier. L'acquisition des images s'est faite lors du retrait de la sonde distale en proximale jusqu'à l'ostium coronaire.

Le retrait automatique, motorisé, est indispensable pour apprécier la longueur, le volume des lésions, mais également assurer la reproductibilité des acquisitions. Pour une précision optimale, la vitesse conseillée est de 0,5mm/sec.

Le retrait manuel additionnel peut être réalisé pour préciser une région d'intérêt. Durant notre étude, le retrait automatique n'était pas disponible à la salle de

cathétérisme, nous n'avons pas pu recueillir les données sur la longueur de la lésion puisque nous avons réalisé un retrait manuel.

En cas d'ambiguïté, notamment devant un doute sur la présence d'un artefact, un rinçage par solution saline ou produit de contraste a été réalisé pour permettre une meilleure analyse de la lésion, d'une rupture de plaque, de thrombus, ou encore pour différencier la vraie lumière artérielle d'une fausse lumière lors d'une dissection coronaire.

A la fin de l'examen, la sonde est retirée prudemment sous scopie et un contrôle angiographique de l'artère coronaire explorée a systématiquement été réalisé.

Nous n'avons pas recensé de complication durant le geste secondaire à l'introduction de la sonde de l'IVUS.

2.3.4. Analyse et interprétation iconographique de l'IVUS :

2.3.4.1. Analyse qualitative :

2.3.4.1.1. Artère coronaire normale :

Les artères coronaires normales sont de type musculaire (absence de fibres d'élastine dans la média) et donnent un aspect échographique endo-coronaire caractéristique dit en 3 couches.

Cet aspect en 3 couches de l'intérieur vers l'extérieur du vaisseau est lié aux propriétés acoustiques :

- De la limitante élastique interne confondue avec l'intima, hyper échogène,
- De la média, anéchogène riche en cellules,
- De la limitante élastique externe contiguë à l'adventice, hyper échogène.

Cependant cet aspect peut être absent et donner ainsi un aspect monocouche de l'artère [50].

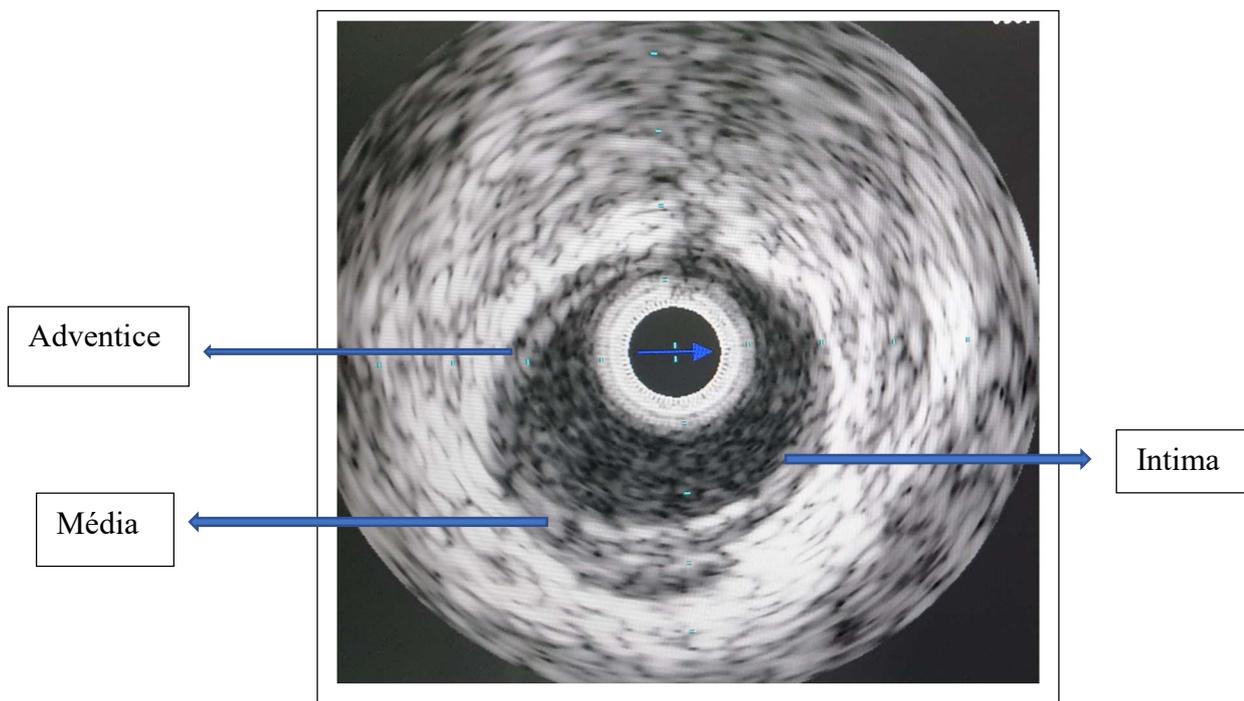


Figure 4: Image échographique objectivant les 3 couches d'une artère coronaire.

2.3.4.1.2. Artère coronaire pathologique :

En ce qui concerne l'artère coronaire pathologique, l'analyse échographique des différents composants de la plaque et de la paroi de l'artère est basée sur la comparaison avec la couche adventitielle servant de référence et dont la composition structurelle associant une couche de collagène et une faible cellularité est quasi constante. La réflectivité acoustique se traduit sur l'image par des niveaux de gris allant du noir (Anéchogène correspond le plus souvent à des dépôts lipidiques extracellulaires, des cellules inflammatoires ou sanguines) au blanc (Hyperéchogène correspond à de la fibrose dense et à des zones acellulaires ou calcifiées). Ainsi une plaque apparaissant hypo échogène résulte généralement d'une accumulation de lipides et/ou de cellules (>80% de la surface de la plaque)

et ne contient que très peu de collagène ou de fibres élastiques. A l'inverse, une plaque apparaissant iso- ou hyperéchogène est essentiellement composée de tissus fibreux (>80% de la surface de la plaque) [51, 52].

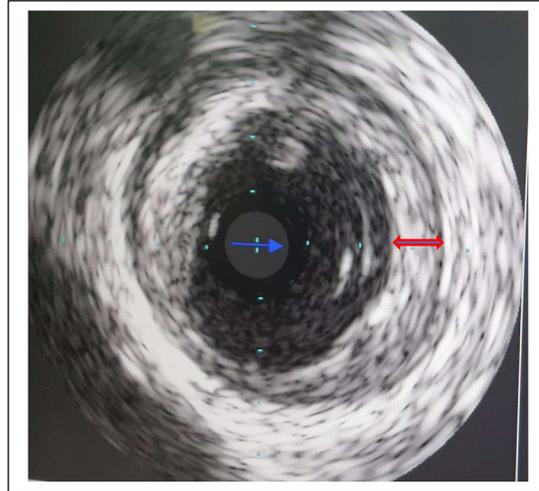


Figure 5: Image IVUS objectivant une plaque d'athérome (en rouge).

Le tissu fibreux peut être parfois suffisamment dense pour induire une atténuation et ainsi mimer la présence de calcifications. La plaque dite mixte, appelé aussi fibro-calcaire ou fibro-lipidique, associant les différents éléments fibreux et lipidique.

L'aspect acoustique de thrombus intra coronaire frais correspond classiquement à une image formée de scintillation punctiforme très brillante. Le thrombus peut être polylobé, en couches ou à pédoncule, mobile dans la lumière artérielle, aidant à sa caractérisation. Cependant cette image acoustique varie fréquemment de l'aspect quasi anéchogène vers les aspects hypo et iso- échogène.

2.3.4.1.3. La dissection coronaire :

L'aspect échographique de la dissection coronaire se traduit par la présence d'un espace anéchogène en arrière de la plaque ou dans la plaque athéromateuse permettant le passage du produit de contraste.

Ces dissections peuvent être :

- Superficiel, réalisant un simple décollement de la chape fibreuse, avec parfois présence d'un « flap » mobile dans la lumière artérielle
- Profondes, atteignant la média et pouvant créer une fausse lumière,
- Ou encore circonférentielle.

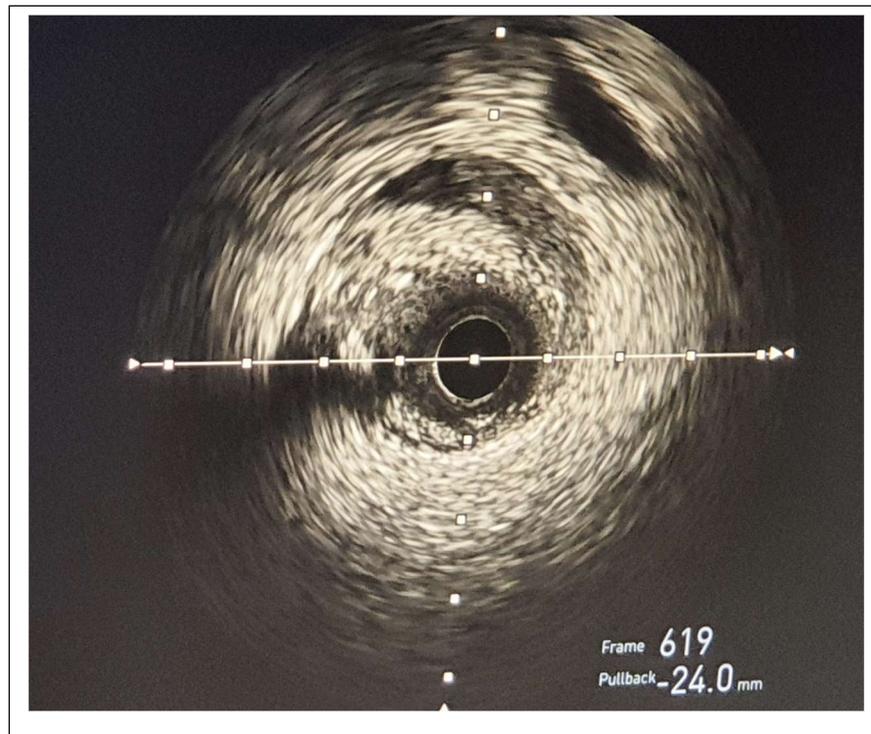


Figure 6: Image IVUS mettant en évidence une dissection de l'artère coronaire.

2.3.4.1.4. Plaque instable :

Les lésions instables où ruptures de plaque restent difficiles à apprécier par IVUS. En effet, la résolution spatiale axiale de l'IVUS (80 à 120 microns) ne permet pas de détecter une plaque athéromateuse ayant des caractéristiques d'instabilité avec une chape fibreuse $<$ à 65 microns. En d'autres termes si l'on identifie une plaque avec une chape fibreuse à l'IVUS, son épaisseur est déjà supérieure à 90 microns

donc à priori non instable. Cependant, les corrélations anatomopathologiques permettent de considérer comme des lésions vulnérables, les plaques hypo échogènes sans chape fibreuse différenciable ou recouvertes d'une capsule hyper échogène amincie. Ces plaques dites vulnérables peuvent se rompre, donnant ainsi en IVUS un aspect de décollement de la chape fibreuse, mobile dans la lumière.

2.3.4.1.5. Artère coronaire stentée :

Les mailles des prothèses métalliques sont des hyper réflecteurs acoustiques et sont donc hyper échogène. L'image échographique produite révèle l'écho des mailles et non pas la maille en elle-même : Ces échos produits sont plus larges et leur orientation spatiale dépend directement de la position du transducteur lors de l'acquisition. Ainsi avec un cathéter décentré parallèle à l'axe longitudinal, il existe des déformations des échos des mailles qui deviennent alors obliques. Si le cathéter est angulé, la déformation du stent devient alors elliptique.

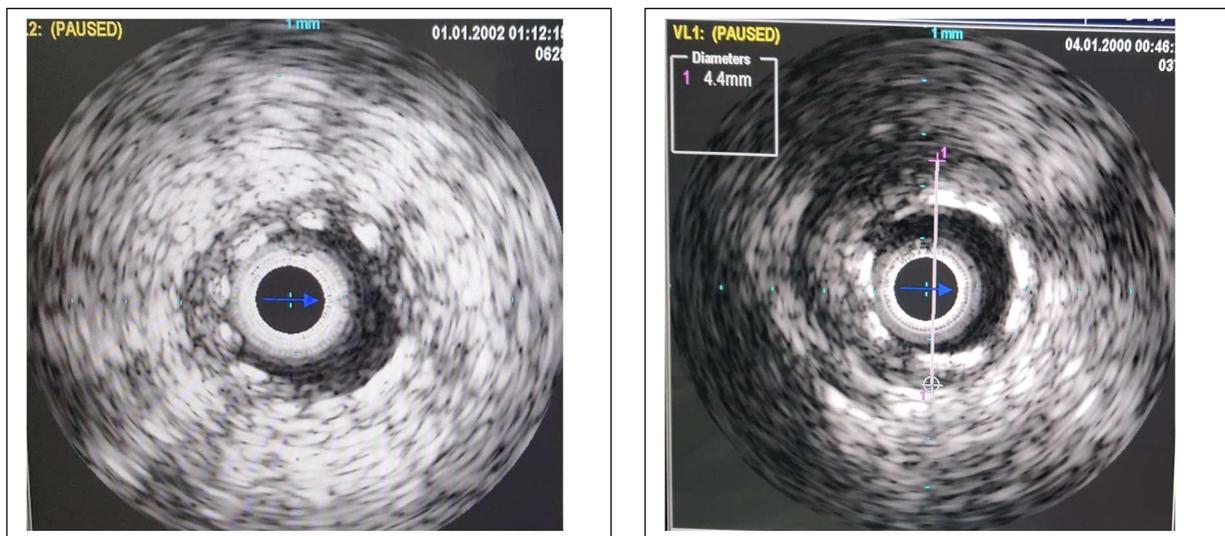


Figure 7: A gauche, image IVUS d'une artère coronaire stentée avec une bonne apposition, à droite, une mauvaise apposition du stent.

2.3.4.2. Éliminer / identifier les artefacts :

La production d'images en coupe de vaisseau par rotation d'un transducteur à ultrason associé au comportement acoustique des tissus biologiques hétérogènes environnants, est à l'origine de potentielles dégradations spécifiques de l'image échographique finale.

Ces artefacts peuvent être interprétés par les opérateurs de façon aléatoire et limitent ainsi l'analyse qualitative et quantitative *in vivo* par l'IVUS. Seule une connaissance précise de ces artefacts peut d'une part nous éviter une mauvaise interprétation des images échographiques endo-vasculaires, d'autre part nous permettre d'obtenir des mesures justes et reproductibles. [50,53].

Ces artefacts sont de plusieurs types :

- Les artefacts de rotation appelés aussi '*Non Uniform Rotational Distortion*' (NURD) ou 'distorsion de l'image', sont liés à la rotation non uniforme des sondes mécaniques. Ils peuvent être provoqués par des sinuosités artérielles, une valve hémostatique trop serrée, des courbures ou plicatures du cathéter.
- L'artefact en anneaux est représenté soit par un halo hyper réflecteur situé dans le champ proche au contact de la sonde, soit par un anneau sombre entourant les cathéters électroniques.
- Les distorsions géométriques sont créées par le positionnement du capteur excentré et/ou angulé dans l'artère. L'image de l'artère devient soit elliptique soit déformée en 'pétales'. [50]. Ces artefacts altèrent l'analyse quantitative des images.

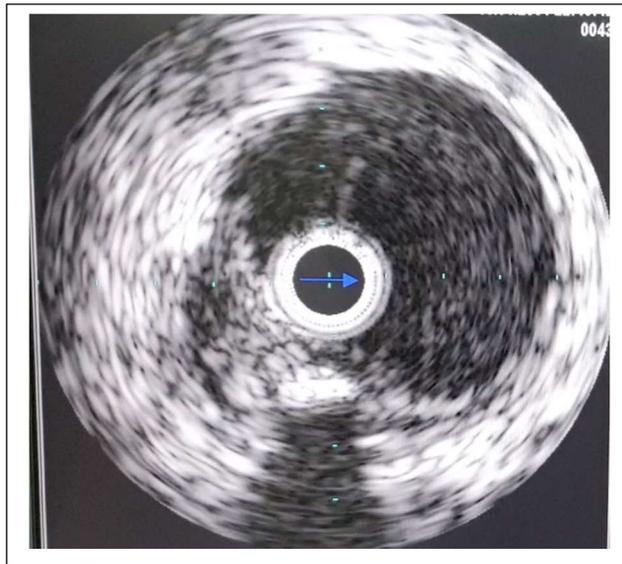


Figure 8: Image IVUS montrant un artefact en regard de la lésion.

2.3.4.3. Analyse quantitative :

2.3.4.3.1. Mesures des diamètres et des surfaces du TCCG :

Pour effectuer une analyse quantitative valide, les mesures doivent être effectuées sur des coupes sélectionnées sans artefact et si possible sans départ artériel.

3 segments doivent être sélectionnés :

- Le segment proximal de référence définit par la coupe située dans les 10 millimètres proximaux de la lésion où la surface endo-luminale est la plus grande.
- Le segment distal de référence défini par la coupe située dans les 10 millimètres distaux de la lésion où la surface endo-luminale est la plus grande.
- Le segment de lésion définit par la coupe où la surface endo-luminale est minimale au sein de la lésion.

On peut définir ainsi les diamètres endo-luminaux maximal et minimal correspondant au plus grand et le plus petit diamètre de la lumière entre les limitantes élastiques internes, la surface artérielle endo-luminale (SAL en mm²) correspondant à la zone circonscrite par l'intima et la limitante élastique interne ou la surface endo-luminale de la plaque, et enfin la surface artérielle totale (SAT en mm²) correspondant à la zone circonscrite par l'adventice et la limitante élastique externe.

Des mesures indirectes peuvent en être déduites, comme :

- Surface de la plaque + Média (SPM en mm²) : $SPM = SAT - SAL$.

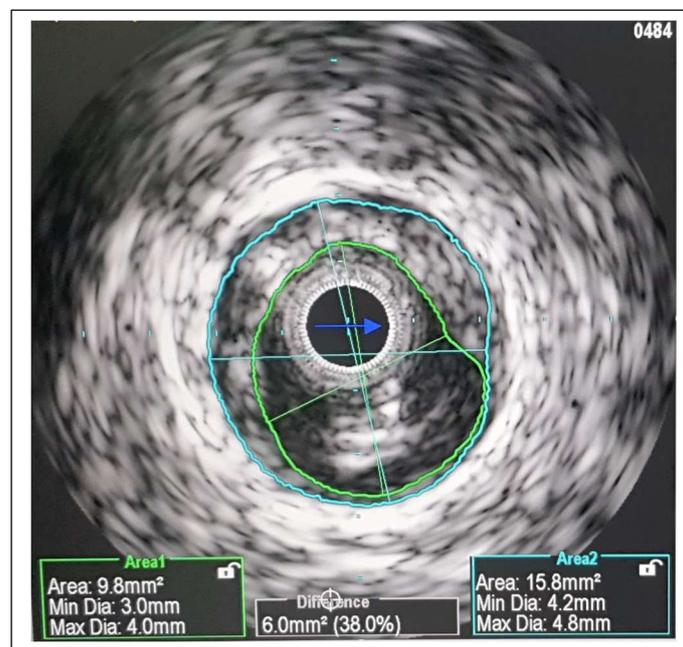


Figure 9: En vert, la Surface Artérielle Endo-luminale (SAL), en bleu, la Surface Artérielle Totale (SAT).

2.3.4.3.2. Index de remodelage :

L'IVUS permet d'apprécier ainsi le remodelage des vaisseaux. Ce dernier est un concept ancien bien connu des pathologistes [11] et redécouvert in vivo dans

l'IVUS [12]. Dans les segments où se déposent l'athérome, l'expansion de la paroi externe des vaisseaux coronaires assure une compensation de 60% du matériel athéromateux accumulé, conservant ainsi le plus longtemps possible le diamètre luminal initial. L'IVUS peut révéler ainsi des lésions athéromateuses parfois volumineuses non visible en angiographie.

- Index de remodelage : $IR = \text{SAT lésion} / \text{SAT référence moyen}$.

Le remodelage est défini comme positif (dilatation artérielle) quand $IR > 1.0$. Il est défini comme négatif (constriction artérielle chronique) quand $IR < 1.0$ souvent caractéristique de lésion stable. [13,14].

2.4. Analyse des données cliniques :

Chez tous les patients inclus dans notre étude, et à partir des données disponibles dans les dossiers médicaux, nous avons recueilli et analysé les données anamnestiques, angiographiques, et de l'IVUS, ainsi que la prise en charge thérapeutique et l'évolution immédiate.

L'IVUS a été réalisé par le biais de deux appareil : *Volcano* et *Boston Scientific*.

3.RÉSULTATS :

3.1. Caractéristiques de la population / Données cliniques :

3.1.1.Prévalence des lésions du TCCG :

Durant la période de notre étude étalée sur 6 mois, 302 patients ont été hospitalisés pour pathologie coronarienne toutes étiologies et nosologies confondu (SCA, SCC, CTO, Tronc commun, lésions de bifurcations, angioplastie périphérique, angioplastie de la carotide, TEVAR, EVAR, TAVI). Parmi ces patients, 86 ont bénéficié de l'IVUS (programmé ou non), et 21 pour IVUS dans le cadre des lésions du TCCG. 30 patients ont bénéficié d'une angioplastie du TCCG basée sur l'angiographie sans imagerie endo-coronaire.

3.1.2. Âge :

L'âge moyen de nos patients était de 64 ± 16 ans [47 ; 80]. Les hommes étaient atteints à un âge plus avancé que les femmes. En effet, l'âge moyen par sexe est de :

- 63 ± 17 ans pour les hommes [47 ; 80]
- 62 ± 3 ans pour les femmes [59 ; 65]

3.1.3. Sexe :

Les 21 patients de notre série ont été reparti en :

- 19 hommes soit 90,5 % des patients.
- 2 femmes soit 9,5 % des patients.

Le sexe ratio était de 9,5.

3.1.4. Facteurs de risques cardiovasculaires (FDRCVx) :

FDRCVx	Patients (n / %)
HTA	3 / 14,2
Diabète	4 / 19
Dyslipidémie	6 / 28,6
Tabagisme	10 / 47,6
ATCD cardiopathie ischémique	5 / 23,8

→ Le tabagisme était le facteur de risque le plus présent dans notre série.

3.1.5. Motif de consultation :

Tous nos patients présentaient une douleur thoracique, typique ou atypique dans le cadre d'un syndrome coronarien stable.

3.2. Caractéristiques de la procédures / Données paracliniques :

L'utilisation de la voie fémorale était prépondérante avec un diamètre de 7F dans 71,4% des cas, et 6F pour le reste de la population.

3.2.1. Coronarographie :

Tous nos patients avaient une suspicion de lésion significative du TCCG (>50%) à la coronarographie :

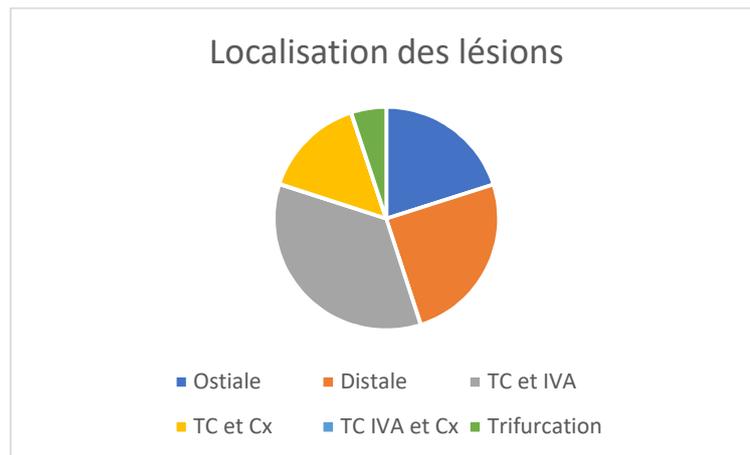
→ On a distingué l'aspect angiographique de nos patients selon :

3.2.1.1. La Localisation de la lésion du TCCG :

-Ostiale : chez 4 patients (19,1 %)

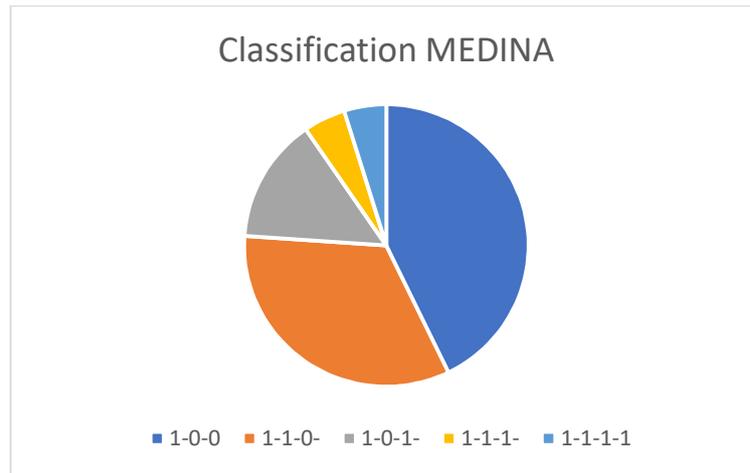
-Médiane : chez aucun patient

- Distale : chez 5 patients (23,8%)
- Distale prenant l'IVA : chez 7 patients (33,3%)
- Distale prenant la circonflexe : Chez 3 patients (14,2%)
- Lésion du TCCG prenant l'IVA et la Cx : Chez un seul patient (4,8%)
- Lésion du TCCG prenant l'IVA, la Cx et la Bissectrice (lésion de trifurcation) :
Chez un seul patient (4,8%).



3.2.1.2. La Classification MEDINA selon les résultats de la coronarographie :

- MEDINA 1-0-0 : Chez 9 patients (42,8%)
- MEDINA 1-1-0 : Chez 7 patients (33,3%)
- MEDINA 1-0-1 : Chez 3 patients (14,3%)
- MEDINA 1-1-1 : Chez un seul patient (4,8%)
- MEDINA 1-1-1-1 : Chez un seul patient. (4,8%)



3.2.2. IVUS :

Nous avons identifié deux types d'utilisation de cette technique d'imagerie endo-coronaire dans le cadre de la prise en charge d'une suspicion de lésion du TCCG :

-A visée analytique : afin d'établir un diagnostic (et donc confirmer une lésion serrée du TCCG) et orienter la prise en charge (indication de revascularisation ou modification de la thérapeutique)

-La seconde en tant qu'aide à l'angioplastie coronaire (choix de la taille du stent, technique à 1 ou 2 stents, la bonne apposition du stent, la mise en évidence de complication post procédurale).

3.2.2.1. Indication :

- Confirmer le caractère serré de la lésion avec un *cut-off* de la surface artérielle endo-luminale (SAL) du TCCG < 6 mm² ou non serrée de la lésion (SAL ≥ 6 mm²) qui aurait besoin d'un geste interventionnelle ou chirurgicale.

- Mesure des diamètres réel du TCCG ou SAT,

- Chercher son extension vers une branche (IVA ou Cx).

- Vérifier de la bonne apposition du stent après son expansion dans le TCCG.
- Confirmer une complication iatrogène type dissection.

3.2.2.2. IVUS analytique :

L'IVUS a été réalisé chez 21 patients sur les 51 patients se présentant pour lésions du TCCG suspecté à l'angiographie dans le cadre de pathologie coronarienne chronique, soit 41% des patients avec une suspicion de lésion du TCCG.

Notre analyse a permis de dégager 3 sous-groupe d'indications : l'évaluation de la sévérité de la lésion par la mesure de la surface du TCCG, la localisation de la lésion et son extension vers les branches, et la nature de la lésion.

3.2.2.2.1.Évaluation de la sévérité de la lésion :

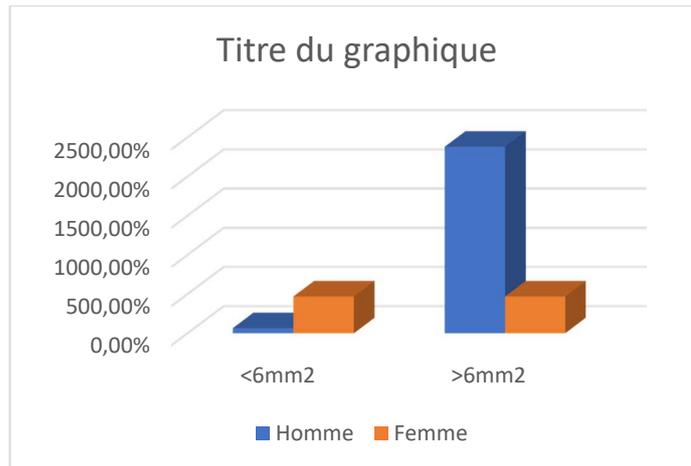
- 6 patients présentaient une lésion du TCCG non significative ($>6 \text{ mm}^2$) soit 28,6% des patients ayant une suspicion de lésion du TCCG, dont une femme (16,7%) et 5 hommes (83,3%).

→ Moyenne des surfaces de $18,2 \text{ mm}^2$ [26 -11].

- 15 patients présentaient en revanche une lésion significative du TCCG soit 71,4% des patients, dont une femme (6,6%) et 14 hommes (93,3%) avec une surface du TCCG $< 6 \text{ mm}^2$.

→ Moyenne des surfaces étaient de $4,1 \text{ mm}^2$ [5,9-2,1].

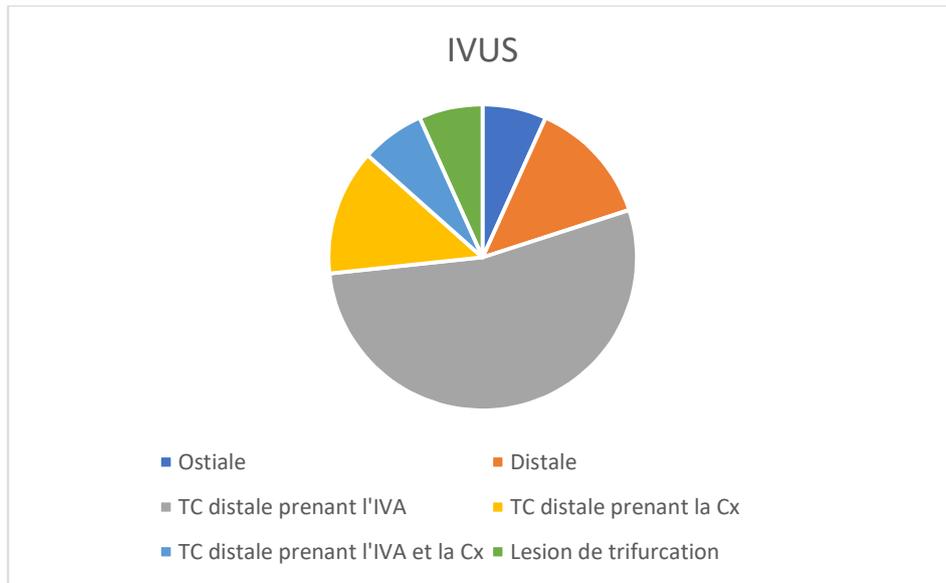
→ En comparant avec les résultats de la coronarographie, on peut bien voir que 6 patients présentaient une lésion non significative à l'IVUS contrairement aux images coronarographiques, mettant en exergue l'importance de l'utilisation de l'imagerie endo-coronaire pour la confirmation des lésions du TCCG.



3.2.2.2.2. *Évaluation de la localisation de la lésion :*

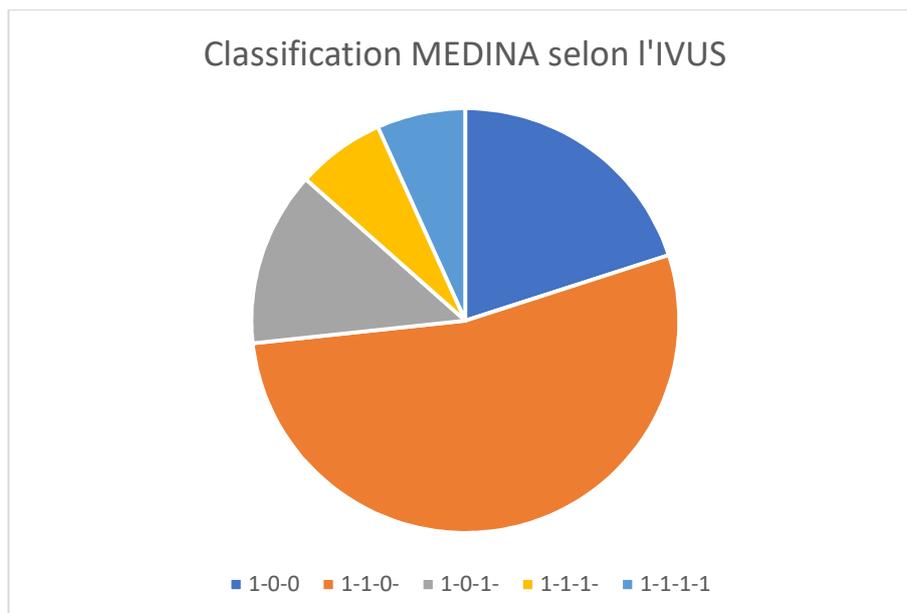
Selon les résultats de l'IVUS, nos patients présentaient une lésion du TCCG au niveau :

- TCCG Ostiale : un seul patient (6,7%)
- TCCG Distale : deux patients (13,3%)
- TCCG Distale prenant l'IVA : chez 8 patients (53,3%)
- TCCG Distale prenant la Cx : chez deux patients (13,3%)
- TCCG distale prenant l'IVA et la Cx : un seul patient (6,7%)
- Lésion de trifurcation : un seul patient (6,7%)



3.2.2.2.3. Classification de la lésion par la classification MEDINA selon les résultats de l'IVUS:

- MEDINA 1-0-0 chez 3 patients (20%)
- MEDINA 1-1-0 chez 8 patients (53,3%)
- MEDINA 1-0-1 chez 2 patients (13,3%)
- MEDINA 1-1-1 chez un seul patient (6,7%)
- MEDINA 1-1-1-1 chez un seul patient (6,7%)



3.2.2.2.4. Comparaison entre les résultats de la coronarographie et de l'IVUS concernant la localisation des lésions du TCCG :

LOCALISATION :	Coronarographie	IVUS
TCCG ostial	4 (19,1%)	1 (6,7%)
TCCG distal	5 (23,8%)	2 (13,3%)
TCCG distal prenant l'IVA	7 (33,3%)	8 (53,3%)
TCCG distal prenant la Cx	3 (14,2%)	2 (13,3%)
TCCG distal prenant l'IVA et la Cx	1 (4,8%)	1 (6,7%)
Trifurcation	1 (4,8%)	1 (6,7%)

→ En comparant avec les résultats angiographiques seul, nous mettons en exergue le manque de fiabilité de la coronarographie seule, surtout pour l'évaluation des

lésions ostiales du TCCG, qui étaient suspecté chez 4 patients, et dont 1 seul a été confirmé par IVUS.

→ Nous avons aussi pu grâce à l'IVUS à diagnostiquer une lésion du TCCG qui s'étend vers l'IVA qui paraissait à la coronarographie comme une lésion du TCCG distale pure.

→ Et seulement deux patients présentant réellement une lésion du TCCG distale pure contrairement aux 5 patients à la coronarographie.

MEDINA	Coronarographie	IVUS
1-0-0	9 (42,8%)	3 (20%)
1-1-0	7 (33,3%)	8 (53,3%)
1-0-1	3 (14,3%)	2 (13,3%)
1-1-1	1 (4,8%)	1 (6,7%)
1-1-1-1	1 (4,8%)	1 (6,7%)

→ En comparant la classification MEDINA jugé sur les images coronarographiques par rapport aux résultats de l'IVUS, que les lésions 1-0-0 passent de 49% à 20%.

→ Seulement les lésions type 1-1-1 ou de trifurcation (1-1-1-1) avaient une bonne corrélation angiographique.

3.2.2.2.5. Évaluation de la nature de la lésion :

- Lésions athérosclérotique étaient présentes chez 11 patients, soit 73%.
- Lésions calcifiée chez 3 patients soit 20%.
- Dissection iatrogène lors du geste chez un patient soit 7% des patients.

Parmi les patients ayant bénéficié de l'IVUS à visée analytique, 71,4% ont bénéficié d'une revascularisation interventionnelle. Aucun patient n'a bénéficié d'une revascularisation chirurgicale puisque tous nos patients avaient un score SYNTAX <22.

3.2.2.3. IVUS en aide à l'angioplastie coronaire du TCCG :

3.2.2.3.1. L'IVUS a permis de décider de la technique à utiliser selon la classification MEDINA obtenu pour 15 patients.

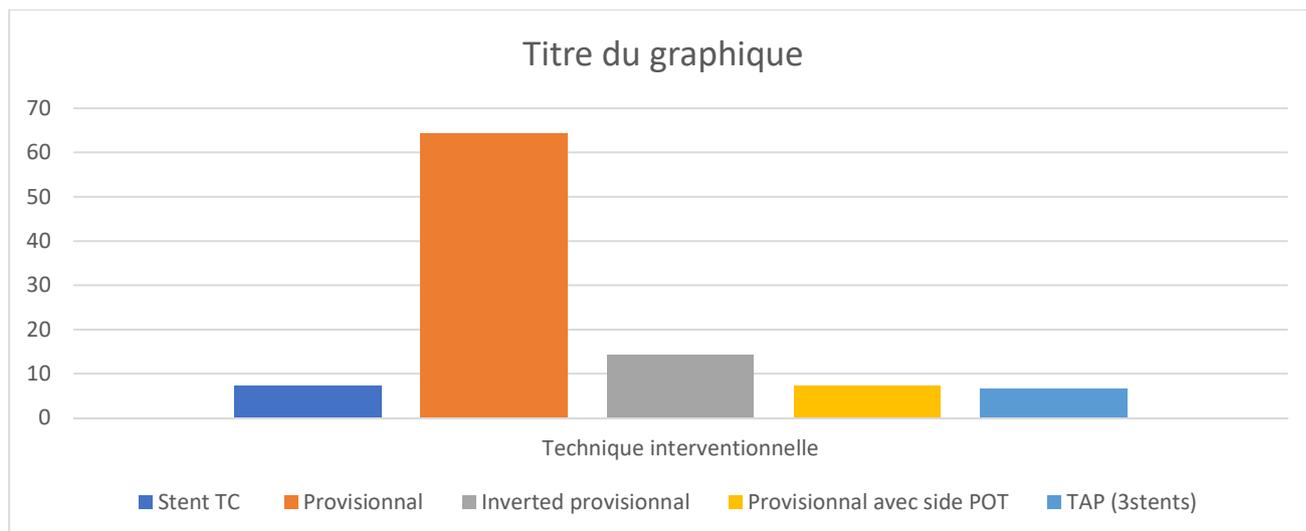
- Technique à 1 stent : 14 patients ont bénéficié d'une angioplastie du TCCG par le biais d'un stent, soit 93,3% des patients ayant une lésion significative du TCCG.

→ Stenting du TCCG pure chez 1 patient présentant une lésion classée MEDINA 1-0-0 soit 7,4% des patients ayant bénéficié d'une angioplastie.

→ Stenting type Provisionnal : TCCG-IVA chez 9 patients tous présentant une lésion classée MEDINA 1-1-0 sauf pour un, présentant une lésions classée 1-0-0, soit 64,3% de la population.

→ Technique type Inverted provisionnal correspondant à un stenting du TCCG prenant la Cx chez deux patients présentant une lésion classée 1-0-1, soit pour 14,2% de la population.

→ Technique type Provisionnal avec side POT pour un seul patient présentant une lésion type 1-1-1, soit 7,4% de la population.



-Technique à plus de 1 stent : 1 seul patient a bénéficié d'une technique à 3 stents soit 6,7% des patients ayant bénéficié d'une angioplastie, suite à une lésion significative du TCCG, lors de la prise en charge d'une lésion de trifurcation du TCCG, avec une lésion du TCCG prenant à la fois l'IVA proximale, la circonflexe ostiale, et la bissectrice. La technique utilisé était un TAP, avec d'abord stenting du TCCG type inverted provisionnal vers la Cx, puis 2 stents inflatés en même temps dans l'IVA ostiale et bissectrice ostiale.

3.2.2.3.2. Choix de la taille du stent :

Le choix de la taille du stent s'est fait en fonction des mesures du diamètre (adventice à adventice), ou SAT du TCCG lors de l'évaluation analytique par IVUS, avec une moyenne de 4,5mm de diamètre [6,3 – 3,5mm].

Nous n'avons pas pu utiliser le guidage robotisé (non disponible à la salle de cathétérisme) permettant de mesurer la longueur de la lésion.

Le choix de la taille du stent, que ce soit le diamètre basé sur les valeur échographique de l'IVUS, et la longueur, basé sur les images angiographiques, nous a permis de stratifiée les lésions en :

-Présence d'une lésion du TCCG pure, nous avons choisi un stent court, suivi d'un POT par le biais d'un ballon NC.

-Si la lésion TCCG prend une branche, nous choisissons plutôt un stent long, choix du diamètre du stent se fait en fonction du diamètre de la branche mère distale, avec POT en fonction du diamètre du TCCG. Si il n'y a pas de perte de flux dans la branche fille (SB), il n'y a pas lieux de faire un side-POT.

-Les technique à 2 stents étaient réservé aux patients présentant une lésion classé MEDINA 1-1-1, même si le seul patient présentant ce type de lésion a bénéficié d'une technique à 1 stent, avec side-POT.

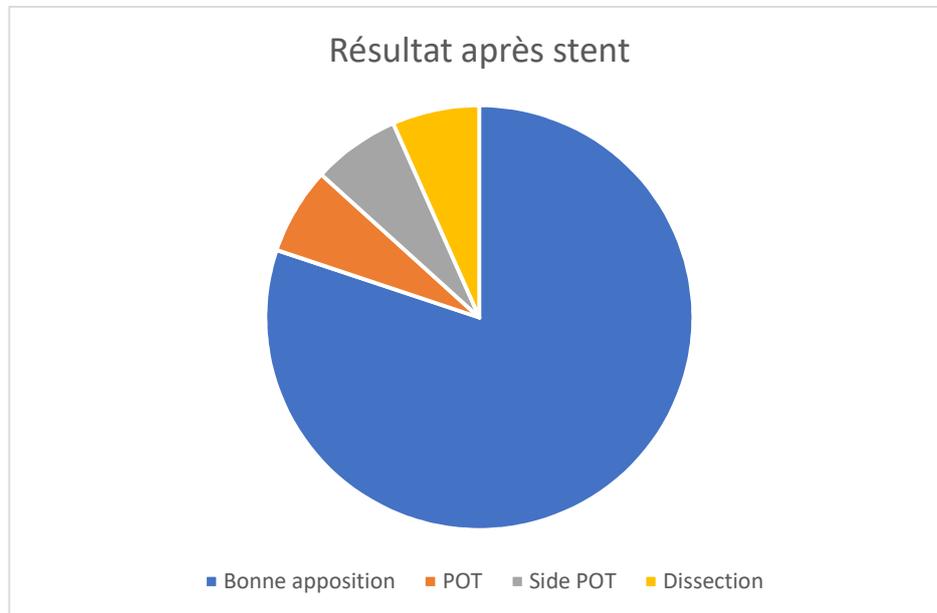
- En ce qui concerne le patient présentant une lésion de trituration, nous avons opté pour un TAP, avec mise en place de 3 stents (TCCG/Cx, IVA et bissectrice).

3.2.2.3.3. IVUS post procédural : Tous nos patients ont bénéficié de l'IVUS post implantation.

12 patients ont présenté une bonne apposition du stent soit 80% de la population. 1 seul patient présentait une mauvaise apposition du stent qui a nécessité un POT du TCCG avec un ballon NC, suite au traitement d'une lésion type 1-0-0, soit 6,6% des patients.

1 patient a nécessité un side-POT, suite à un stenting Provisonnal TCCG vers l'IVA pour une lésion type 1-1-1 MEDINA, suite à une perte du flux de la Cx. (6,6%).

Un seul cas a présenté une dissection iatrogène post POT du TCCG, soit 6,6% de la population étudiée, qui a bénéficié d'un stenting immédiat (stent over stent) avec une bonne apposition à l'IVUS, et suite simple.



3.3. Données de l'évolution intra hospitalière. :

Tous nos patients avaient une bonne évolution immédiate : pas de complications (pas de récurrence angineuse, pas de troubles de rythmes, pas d'instabilité hémodynamique, pas d'hémorragie du site de ponction, pas de perforation coronaire avec tamponnade, pas de dissection coronaire)

Aucun cas de thrombose de stent n'a été rapporté.

4. DISCUSSION :

4.1. IVUS analytique :

4.1.1. Analyse qualitative / Analyse morphologique de la lésion :

La coronarographie est la première technique à réaliser pour objectiver une lésion du TCCG, mais elle ne permet pas de donner une idée exacte de l'extension de la plaque, vu que les images sont en 2D, tout particulièrement quand les lésions sont excentriques ou si il y a une anatomie complexe tortueuse avec superposition des branches. De plus, la coronarographie ne permet que d'apprécier des artères coronaires remplis de produit de contraste, sans donner les caractéristiques de la paroi coronaire. [54].

Quant aux lésions ostiales du TCCG qui sont difficilement analysées en angiographie, l'opérateur se base uniquement sur la chute de la pression du cathéter lors de l'intubation du réseau coronaire, ou le manque de reflux de produit de contraste lors de l'intubation sélective au niveau de l'aorte [55].

Inversement, l'IVUS est une technique précise pour l'évaluation des caractéristiques de la lumière et de la paroi [55].

La plus grande pénétration tissulaire des ultrasons par rapport à la lumière infrarouge signifie que l'IVUS peut jouer un rôle clé dans l'évaluation du TCCG par rapport à la tomographie par cohérence optique (OCT). L'imagerie IVUS peut fournir une meilleure visualisation du TCCG et de son ostium que l'OCT, car elle ne nécessite pas d'injection de contraste pour nettoyer la lumière du sang. Plus de détails sont disponibles si l'on utilise le retrait manuel, et par conséquent l'IVUS peut offrir une évaluation supérieure de l'ostium du TCCG. Pour ces raisons, bien que nous reconnaissons la valeur de l'OCT dans l'évaluation du TCCG distale [56], nous pensons que l'IVUS doit probablement être considérée comme la

méthode d'imagerie de première ligne pour l'évaluation du TCCG et de son ostium. Le tableau 1 résume les principales caractéristiques de ces deux techniques.

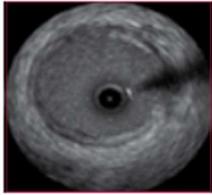
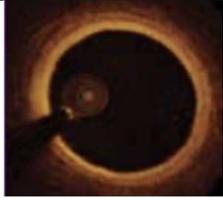
	IVUS	OCT
		
Source	Ultrason	Infrarouge
Taille du catheter (Fr)	3,2 - 3,5	2,4 - 2,7
Résolution axiale (μm)	80	10-15
Pénétration (mm)	>5	1-2
Sang	Rétrodiffusion modérée	Nécessite contraste
Visualisation de l'ostium du TCCG	+	-
Évaluation de la plaque lipidique	+	+++
Détection Thrombus	+/-	++
Évaluation Calcium	Angle seulement	Épaisseur et angle
Détermination taille Stent	++	-
Couverture tissulaire Stent	-	+++

Tableau 1: Propriétés, avantages et inconvénients de l'IVUS et de l'OCT (d'après Räber L. [5] et Maehara A. [57])

Même si l'IVUS n'évalue pas directement l'aspect fonctionnelle de la sténose, il peut fournir des détails importants sur la morphologie de la plaque, comme la présence de calcium, de fibrose ou de rupture de plaque.

Plusieurs études IVUS ont suggéré que les plaques ayant une localisation différente dans le TCCG peuvent avoir des caractéristiques pathologiques différentes : les lésions dans la partie distale ou à la bifurcation présentent souvent un degré plus élevé de charge de plaque ou '*plaque burden*', et sont plus fréquemment rompues et calcifiées, tandis que les sténoses ostiales sont fréquemment fibrotiques avec une charge de plaque plus petite et montrent souvent un phénomène de recul après angioplastie par ballon en raison de la présence de fibres élastiques [58,59,60].

Oviedo *et al.* ont examiné 140 coronarographies de lésions distales du TCCG et des lésions ostiales de l'IVA et de la Cx, avec l'IVUS pré-interventionnelle des artères IVA et Cx ainsi que du TCCG. Sur les 140 patients, 92,9 % présentaient au moins une lésion transversale avec une plaque ≥ 40 % à l'IVUS contre 57,2 % des patients présentant une sténose angiographique de diamètre ≥ 50 %.

Contrairement aux classifications angiographiques, l'IVUS a montré que la maladie de la bifurcation était rarement focale et que les deux côtés de la bifurcation n'étaient toujours pas exempts de maladie. Une plaque continue du TCCG dans l'IVA proximale a été observée dans 90 % des cas, du TCCG dans l'artère Cx dans 66,4 % des cas et du TCCG dans les deux artères IVA et Cx dans 62 % des cas. Une plaque localisée à l'ostium de l'IVA ou de la Cx et n'impliquant pas le TCCG distale n'a été observée que dans 9,3 % de l'IVA et 17,1 % de la Cx. La distribution de la plaque n'était pas influencée par l'angle angiographique IVA/Cx, la gravité de la lésion, la longueur du TCCG ou du remodelage. [14]

On se qui concerne notre série, après évaluation IVUS, nous avons retrouvé les lésions du TCCG prenant l'IVA dans 53,3% des cas, du TCCG prenant la Cx dans 13,3%, et prenant les deux branches dans 6,7% des cas.

4.1.1.1. Nécessité de préparer la lésion :

La capacité de l'IVUS à voir les couches profondes de l'artère coronaire la positionne comme la meilleure technique pour l'analyse qualitative de la plaque du TCCG. En tant que règle générale, la préparation d'une lésion du TCCG est d'une importance capitale pour son angioplastie. Le diagnostic de calcification doit être attendu dans les lésions du TCCG, et l'utilisation de l'athérectomie rotationnelle devrait être encouragée [61]. L'IVUS permet de voir l'extension du calcium par signal de rétrodiffusion avec cône d'ombre postérieur. [62].

Kobayashi et al. ont constaté dans leur étude que l'aire et l'angle du calcium étaient corrélées à une mauvaise expansion des stents [63]. Quand l'épaisseur des calcifications sont mince <0,5mm, l'expansion du stent est faisable sans pour autant préparer la lésion par une pré-dilatation.

Mais lorsque l'angle calcique est >180° en IVUS, elles opposent une résistance à l'ouverture du ballon, limitant la délivrabilité et l'implantation optimale du stent, ce qui réduit le succès de la procédure et augmente les événements ischémiques majeurs à terme ou MACE [64], d'où la nécessité à l'utilisation de l'athérectomie orbitale (*Rotablator®*), des ballons coupants (*cutting balloons*), la lithotripsie intracoronaire (*Shockwave IVL*) etc...

L'IVUS avant l'angioplastie permet de différencier les cas dans laquelle l'athérectomie est impérative, de ceux qui n'auront besoin que d'une pré-dilatation par un ballon NC à haute atmosphère, ce qui pourrait être une alternative possible, surtout pour les opérateurs qui ne sont pas habitués à utiliser le Rotablator, ou lorsque la salle de cathétérisme n'en dispose pas. [65]

Aussi, l'IVUS permet d'identifier l'extension circulaire ou longitudinale des lésions calcifiées, et sa profondeur. [66]. Ceci est important, puisque les calcifications profondes et épaisses sont associées à des plus haut risque de

perforation coronaire pendant l'inflation du ballon, et donc impose l'utilisation de l'athérectomie rotationnelle [67].

4.1.1.2. Images ambiguës angiographiques :

L'IVUS permet de répondre aux ambiguïtés morphologiques de la coronarographie liée notamment par la représentation plane d'une structure tridimensionnelle. Lorsqu'il existe en angiographie une image en double teinte, devant un effet de bande sur une bifurcation, ou une difficulté d'évaluation d'une sténose ostiale difficilement analysable lors de la coronarographie, l'IVUS permet d'apporter une évaluation complémentaire. Il peut par exemple permettre de détecter une rupture de plaque partiellement thrombotique dans le cadre d'un syndrome coronarien alors que la coronarographie avait trouvé un vaisseau sub normal [68].

En ce qui concerne le TCCG, quand l'angiographie est ambiguë, l'IVUS doit être réalisé en le retirant des deux branches de la bifurcation du TCCG, ou au moins, depuis la branche avec le moins de plaque. Cette approche permet de donner des informations par rapport à la distribution de la plaque d'athérosclérose dans le site de bifurcation, et aussi au niveau de l'ostium du TCCG.

La maladie du TCCG généralement implique les deux branches de la bifurcation (IVA et Cx), même dans les cas où l'angiographie paraît être normale [14]. Comprendre la distribution exacte de la plaque au niveau de la bifurcation est très clairement importante quant à la décision à réaliser une approche Provisionnelle, ou si une approche à deux stents devrait être réalisé d'emblée. Une surface $<3,7$ mm² ou une surcharge athéromateuse $>56\%$ dans l'ostium de la Cx a montré qu'elle prédit la nécessité d'utiliser un 2^{ème} stent après une approche provisionnelle de la branche mère [69].

4.1.2. Analyse quantitative / Évaluation de la sévérité de la lésion du TCCG :

L'identification et l'évaluation d'une sténose significative du tronc commun coronaire gauche sont d'une importance capitale car elles sont associées à une morbidité et une mortalité élevée en raison de la grande quantité de myocarde à risque. L'évaluation anatomique par la coronarographie seule présente de nombreuses limites dans l'évaluation des lésions du TCCG avec une grande variabilité inter observateur.

IVUS caractérise la taille du vaisseau et la distribution de la plaque au sein du TCCG et de sa bifurcation et elle permet des mesures précises de la surface minimale de la lumière MLA (*Minimum Lumen Area*) ou la Surface artérielle endo-Luminale (SAL).

L'étude prospective LITRO a permis d'identifier le seuil de SAL à 6 mm² comme valeur *cut-off* permettant d'exclure une lésion significative du TCCG [70]. Plus récemment, ce seuil a été abaissé avec une valeur seuil de SAL $\leq 4,5$ mm² proposée comme critère permettant de retenir le caractère significatif d'une lésion du TCCG [71].

Plusieurs études prospectives et méta analyse ont montré l'intérêt clinique de l'angioplastie coronaire guidé par la FFR (*Fractionnal Flow Reserve*) (Qui permet de déterminer si une sténose coronaire entraîne ou non une souffrance myocardique) pour les lésions intermédiaires du TCCG [7,8,9]. Trois études ont montré une bonne corrélation entre une surface endo-luminale à l'IVUS du TCCG $\geq 4,5$ -5,9 mm² et une FFR $< 0,75$ -0,80 pour une sténose isolée du TCCG [10]. La précision diagnostique de l'IVUS dans ce domaine semble meilleure pour le TCCG que pour les autres vaisseaux étant donné sa variabilité limitée de longueur et de diamètre. Les critères retenus dans les pays occidentaux sont de 5,0 – 6,0 mm² contre 4,5 – 4,9 mm² dans les pays asiatiques [8].

L'IVUS est également utile dans la détection des complications post-stenting (dissection, déformation du stent) et guide leur gestion appropriée.

Certaines études observationnelles ont mis en évidence une diminution de la mortalité à long terme en cas d'angioplastie du TCCG guidée par IVUS [72,73].

4.2. IVUS en aide à l'angioplastie coronaire du TCCG / L'IVUS, un outil interventionnel :

Dans notre série, 15 patients ont bénéficié de l'angioplastie suite à la confirmation d'une lésion serrée du TCCG avec une surface $< 6 \text{ mm}^2$, contre 6 patients qui présentaient une lésion du TCCG non serrée. L'IVUS nous a permis de classer la lésion selon la classification de MEDINA, et donc de décider de la stratégie interventionnelle, et ceci par le biais de plusieurs éléments apporté par l'analyse IVUS.

Après avoir déterminé la charge athéromateuse ou '*plaque burden*', sa distribution et sa composition, l'IVUS permet de donner des informations à propos de la taille réelle du TCCG ou Surface endoluminale totale (SAT), pour faciliter le '*sizing*' du stent ou choix du diamètre du stent. Du à la grande différence de diamètre entre le TCCG et ses branches, le diamètre du stent à choisir pour une angioplastie du TCCG peut être difficile, spécialement si on utilise seulement l'angiographie. L'opérateur est appelé à prendre une décision suite aux données de l'angiographie.

De l'autre côté, le diamètre du TCCG objectivé par IVUS permet de donner des informations plus détaillées sur la lumière, en mesurant non pas un seul diamètre, comme à l'angiographie, mais 3 diamètres (le diamètre max, moyen et minimum). En permettant une meilleure analyse de la plaque d'athérosclérose, l'IVUS permet de donner un diamètre de référence proximale et distale et une meilleure idée sur

la position exacte entre zone saine et zone saine, pour minimiser le risque de 'longitudinal miss' durant le déploiement du stent. [65]

L'IVUS peut être indiqué après l'implantation pour vérifier le déploiement, par le calcul de la surface intra-stent (SIS).

Les critères de bons déploiements habituellement retenus sont :

$SIS / (SAL \text{ prox} + SAL \text{ dist} / 2) \geq 0,8$ ou $SIS / (SAT \text{ prox} + SAT \text{ dist} / 2) \geq 0,55$.
[74]

4.2.1. Expansion du stent :

L'optimisation de l'expansion du stent est la principale indication à l'utilisation de l'IVUS pour l'angioplastie du TCCG. Il devrait toujours être réalisé quand cela est sans risque. Même si il n'y a pas de large études randomisées pour évaluer 'Ad hoc' si l'angioplastie du TCCG guidée par IVUS est associée à un meilleur résultat clinique à long terme, des résultats convaincants de large registres suggèrent un bénéfice sur la mortalité à long terme chez les patients bénéficiant d'une angioplastie du TCCG guidée par IVUS en comparaison à l'angioplastie guidée par l'angiographie [68,75].

La mal-apposition du stent, un stent mal déployé, un stent mal positionné, une large zone non couverte, ou une dissection des berges sont toutes des possibles complications détectable par IVUS [76].

Un stent mal déployé est le principal prédicteur de mal fonctionnement de stent, et récemment rapporté par Nerlekar et al. L'IVUS comme aide à l'angioplastie du TCCG peut être associé à un risque plus faible de revascularisation et de thrombose de stent [77].

La décision d'intervenir en cas de mal-apposition du stent ou dissection des berges est plus complexe et il n'y a pas de valeur limite proposée et validée.

Durant le traitement des bifurcations du TCCG, l'IVUS peut être utilisée pour rechercher le mécanisme lors du compromis de la branche fille lors du stenting de la branche mère. L'IVUS a un rôle pour définir comment l'opérateur devrait intervenir. Si le principale mécanisme est la carène '*shift*', alors un '*kissing balloon*' devrait être suffisant pour reformer et restaurer un flux normal dans les deux branches de la bifurcation. Mais si un glissement de plaque ou '*plaque shift*' est détecté, alors l'opérateur devrait changer de procédure d'un provisionnel à une stratégie à 2 stents.

La dilatation sous optimal des stents entraîne une réduction de la lumière intrastent, et ceci s'est révélé être le plus important facteur prédictif de la resténose après mise en place d'un stent nu [79]. De nombreuses études ont comparé l'IVUS à l'angiographie afin de déterminer si l'implantation d'un stent guidé par IVUS réduit les taux de resténose. Dans une méta-analyse récente de 8 études randomisées totalisant 2193 patients, l'angioplastie guidée par IVUS est associée à des taux significativement plus faibles de resténose angiographique à 6 mois (22% vs 29%, odds ratio 0,64, IC à 95% : 0,42 à 0,96, p=0,02), de revascularisation (13% contre 18%, odds ratio 0,66, IC à 95% : 0,48 à 0,91, p=0,004) et d'événements indésirables cardiaques majeurs (19% contre 23%, odds ratio 0,69, IC à 95% : 0,49 à 0,97, p=0,03), avec toutefois un effet neutre sur la mortalité et l'infarctus du myocarde avec un recul de 6 mois à 2,5 ans [80]. Une autre méta-analyse effectuée à partir de 31 études et 17882 patients, retrouve au contraire un effet bénéfique sur la mortalité toute cause (Odds ratio : 0,74, IC à 95% : 0,58 à 0,98), sur l'infarctus du myocarde (Odds ratio 0,72, IC à 95% : 0,52 à 0,93) et la thrombose de stent (Odds ratio : 0,42, IC à 95% : 0,20 à 0,72) [81]. Avec les stents actifs (Drug eluting stent : DES), la sous-expansion du stent [82,83,57] et la couverture lésionnelle inadéquate [84] ont été systématiquement

signalés comme étant le principal mécanisme de la resténose. Ces résultats soulignent l'importance de parvenir à une expansion uniforme du stent qui peut être assuré par l'implantation d'un stent guidée par IVUS chez les patients à haut risque.

De nombreuses études ont montré qu'une surface intrastent obtenue $\geq 5 \text{ mm}^2$ est un bon critère de faible taux de resténose. Avec les stents actifs de dernière génération, une surface $\geq 4,9 \text{ mm}^2$ est suggéré comme critère pour les petits vaisseaux de 2,5 à 3 mm [85]. Pour identifier les critères de surface endo-luminal optimal pour le TCCG et ces branches, Kang et al. ont évalué 403 patients subissant une implantation d'un stent actif dans le TCCG. En se basant sur une analyse par segment, le meilleur critère IVUS pour prévenir la resténose est de $5,0 \text{ mm}^2$ pour l'ostium de la Cx, de $6,3 \text{ mm}^2$ pour l'ostium de l'IVA, de $7,2 \text{ mm}^2$ pour le polygone de confluence et de $8,2 \text{ mm}^2$ pour le TCCG [86]. (Règle du 6,7,8)

4.2.2.1. La mal-apposition initiale du stent :

La malposition du stent est définie comme une séparation entre les mailles du stent et la paroi artérielle coronaire avec mise en évidence du flux sanguin derrière les mailles. La prévalence de la mal-apposition initiale du stent détectée par IVUS est de 11,5% à 25% dans les cas d'angor stable et de 34% à 40% dans les cas de syndrome coronarien avec sus-décalage du segment ST.

Dans notre série, nous avons retrouvé un seul cas de mal-apposition de stent, soit 6,6% de la population.

Cette dernière a été plus fréquemment décrite avec les stents actifs qu'avec les stents nu [87,88]. Il semble que celui-ci se résout avec le temps et n'affecte pas l'incidence de la re-sténose intra-stent. Hong et al. confirment ce résultat avec

l'OCT chez 30% des patients et retrouvent en plus 10% de nouvelles mal-appositions à 6 mois, possiblement liées à la disparition d'un thrombus [89, 57]. En ce qui concerne les lésions du TC, Il a été rapporté que la sous-expansion post-stenting était un facteur prédictif indépendant de MACE à 2 ans, en particulier lors des revascularisations répétées. Cependant, il n'est pas clair si les mêmes critères IVUS pour une sténose " significative " du TCCG doivent être utilisés pour les lésions ostiales du TCCG et pour les lésions de bifurcation médiane / distale, pour les lésions remodelées positivement vs négativement ou pour la morphologie instable vs stable (ruptures de plaque vs absence de rupture de plaque). [65]

4.2.2.2. La plaque résiduelle :

La plaque résiduelle à l'IVUS après mise en place du stent est également un facteur prédictif de thrombose de stent et de resténose des berges. Une implantation optimale du stent nécessite une couverture complète des lésions, mais une plus grande longueur de stent a également été retenue comme facteur de risque cardio-vasculaire majeurs [84,90]. La présence d'une plaque résiduelle aux berges du stent est prédictive d'une re-sténose dans 47% pour les stents nus et pour les stents actifs de première génération, et de 55% pour les stents actifs de deuxième génération [57]. En outre, ces critères sont similaires entre les segments de références proximaux et distaux (56,4% et 51,9%, respectivement) [84].

4.2.2.3. Les dissections en regard des berges du stent :

L'expansion du vaisseau et la redistribution de la plaque au cours de l'angioplastie peuvent être responsables d'une dissection au niveau des berges du stent. La prévalence irait de 5 à 23%, dont 39% seraient non détecté par angiographie [90,91,92]. Les facteurs prédictifs de dissection des berges sont la présence de

calcifications, d'une plaque vulnérable, d'un important remodelage positif sur les bords d'implantation du stent et l'utilisation de stent de dimension supérieure à la taille du vaisseau de référence.

L'existence d'une dissection des berges étendues et/ou entraînant un retard de flux en angiographie doit être traitée par une inflation prolongée locale ou par la mise en place de nouveaux stents en regard.

Les autres dissections détectées uniquement par IVUS sont responsable de complications au cours du suivi.

HORIZONS -AMI à montrer une recrudescence de syndrome coronarien [93], et ADAPT-DES-IVUS [63] retrouvé une augmentation des taux de re-sténose à 1 an. Cependant, la prise en charge de ces dissections localisées sans retentissement de flux, uniquement détectée par imagerie endo-coronaire, n'est actuellement pas encore clairement codifiée. La balance entre le risque de l'implantation d'un stent complémentaire et le risque d'une mauvaise évolution locale de la dissection focale doit être prise en compte pour chaque patient.

En ce qui concerne notre série, un seul patient a présenté une dissection post implantation du stent lors de l'angioplastie du TCCG pour une lésion courte du TCCG classé MEDINA 1-0-0. Cela était en rapport avec une inflation trop importante lors du POT avec un ballon NC de 5,0x12mm à très haute atmosphère (24 mmHg), que nous avons traité immédiatement par implantation d'un autre stent, avec un contrôle IVUS satisfaisant, et suite simple.

4.2.2.4. L'hématome intra pariétal :

Cet hématome se produit entre la media et l'adventice de l'artère, sans communication avec la lumière de la coronaire. Sa prévalence varie entre 3 et 6%, dont 29% ne sont pas détectés par l'angiographie [94]. L'hématome peut être confondu avec un spasme ou une nouvelle sténose à l'angiographie. L'IVUS

permet donc d'identifier la présence d'un hématome coronaire et ainsi de modifier la décision thérapeutique en évitant notamment la mise en place d'un stent supplémentaire ou non indiqué.

4.2.2.5. La thrombose de stent :

La thrombose aiguë ou subaiguë :

Une autre complication majeure de l'angioplastie est la Thrombose de Stent (TS), qui peut être évitée par l'utilisation de l'IVUS durant la procédure. Un registre multicentrique comprenant 53 patients atteints de TS après une angioplastie guidée par IVUS, révèle au moins une anomalie (sous expansion, mal-apposition, hématome, dissection ou thrombus) dans 94% des cas, avec des anomalies angiographiques détectées uniquement chez 32% des patients [95]. Une autre étude a signalé la présence d'une réduction des dimensions de la lumière intrastent (référence <80%), d'une dissection, d'une protrusion des tissus à travers le stent et de thrombus chez 78% des patients présentant une TS subaiguë [96]. Ces résultats suggèrent que la TS après implantation de stents nus était associée à des causes pouvant être identifiées par IVUS et potentiellement corrigées.

En ce concernant les stents actifs, un registre de patients non sélectionné bénéficiant de l'implantation de stents actifs soit guidé par IVUS, soit guidé par l'angiographie seule (n=884 dans les deux groupes) montre une réduction significative des TS subaiguës en faveur du groupe IVUS (0,5% vs 1,4%, p=0,045) ou plus tardives à 12 mois (0,7% vs 2,0%, p=0,014).

Trois méta-analyses récentes incluant des études randomisées comparant les stents actifs implantées avec l'utilisation de IVUS ou de l'angiographie seule, retrouvent un risque relatif de thrombose de stent diminué chez les patients où l'angioplastie était guidée par IVUS [73,97,98].

La thrombose tardive :

Les mécanismes de TS tardive et très tardive (supérieure à un an) sont cependant moins étudiés et peuvent se différencier en termes mécanistique de ceux de TS subaiguë. Ils peuvent être multifactorielles : mal-apposition de stent [99,100], et/ou retards de ré-endothélialisation [101,102]. La présence d'une néo athérosclérose a aussi été suggéré comme mécanisme de survenue d'une thrombose tardive [71]. La réalisation d'une imagerie endo-coronaire doit être favorisée devant la présence d'une thrombose de stent tardive afin d'en identifier les mécanismes et de proposer un traitement adéquat.

4.3. Impact clinique de l'angioplastie guidée par l'IVUS :

Un essai prospectif multicentrique incluant 1 448 patients ayant reçu un stent actif (DES) a montré que le guidage par IVUS améliorait significativement les résultats cliniques, y compris l'échec de revascularisation du vaisseau cible (HR : 0,530 ; IC à 95 % : 0,312 à 0,901 ; p=0,019) et la revascularisation du vaisseau cible, y compris l'échec de l'endoprothèse (HR : 0,407 ; 95% CI : 0,188 à 0,880 ; p=0,018) après 1 an de suivi par rapport à l'angiographie [103].

Une autre méta analyse, mentionné auparavant, incluant 17 882 patients issus de 31 essais cliniques a démontré que, par rapport à l'angiographie, l'angioplastie guidée par IVUS réduisait le risque de décès toutes causes confondues de 36 %, d'infarctus de 38 %, de revascularisation de la lésion cible de 36 % et de thrombose de l'endo-prothèse de 48 % [81].

En ce qui concerne l'impact de l'IVUS sur les résultats cliniques après une angioplastie du TCCG, les données sont encore limitées. Dans un récent essai randomisé, l'IVUS a réduit de manière significative les événements cardiaques indésirables majeurs pour les lésions coronaires longues, principalement en raison d'une réduction de la revascularisation répétée [104]. Une série de méta-analyses

a montré que l'angioplastie guidée par IVUS était significativement associée à une réduction des événements cardiovasculaires majeurs, des décès, des infarctus du myocarde, des revascularisations répétées et des thromboses d'endo-prothèses [97,105,106]. Cependant, jusqu'à récemment, l'impact clinique du guidage par IVUS pour l'angioplastie des TCCG n'a été étudié que dans des études observationnelles [65, 107]. Dans un numéro de *Circulation : Cardiovascular Interventions*, Andell et al [108] ont utilisé les données du registre national suédois de coronarographie et d'angioplastie pour déterminer l'impact clinique du guidage IVUS pour l'angioplastie du TCCG. Parmi les 2468 patients subissant une angioplastie du TCCG, le guidage par IVUS a été utilisé dans $\approx 25\%$ des cas. Comparativement aux patients recevant une angioplastie guidée par angiographie, ceux recevant une angioplastie guidée par IVUS étaient significativement plus jeunes et présentaient moins de comorbidités cliniques. L'IVUS était plus fréquemment utilisé dans les centres d'angioplastie à haut volume et appliqué pour les patients plus stables ou électifs.

Sur le plan procédural, le guidage par IVUS a été associé à des diamètres de stent plus grands, à une post-dilatation fréquente, et à un taux plus élevé de revascularisation complète. Comparé à l'angiographie seule, l'IVUS a été associé à une réduction de 37 % du critère composite primaire (décès, resténose ou thrombose définitive du stent) et à une réduction de 39 % de la mortalité toutes causes confondues. Les résultats globaux du registre suédois d'angiographies et d'angioplasties coronaires étaient similaires aux résultats précédents de grandes études d'observations [75, 107]. Malgré les limites inhérentes à la conception observationnelle non randomisée, toutes les études indiquent uniformément que le guidage par IVUS joue un rôle dans l'amélioration des résultats cliniques et de la mortalité à long terme.

Toutefois, cette interprétation doit être mise en garde. Tout d'abord, dans la plupart des études précédentes, l'IVUS était plus fréquemment utilisé dans une population sensiblement plus jeune et moins comorbide. Ainsi, bien qu'un ajustement statistique robuste ait été réalisé de manière adéquate, l'influence du biais du candidat sain ne peut pas être surmontée de manière équitable. D'un point de vue clinique, une réduction remarquable ($\approx 40\%-50\%$) de la mortalité toutes causes confondues, constatée de manière constante dans toutes les études d'observation, ne peut être expliquée de manière adéquate par l'effet de l'IVUS en soi. En outre, les facteurs de confusion résiduels et en particulier les facteurs de confusion inconnus peuvent biaiser les résultats en faveur du guidage IVUS.

Deuxièmement, l'utilisation de l'IVUS était surtout courante dans les situations d'angioplasties électives. Étant donné que la présentation clinique aiguë (c'est-à-dire instable ou infarctus du myocarde) est plus catastrophique dans les maladies du TCCG que dans les autres atteintes des artères coronaires, le fait d'éviter l'IVUS et de ne recourir qu'à l'angioplastie guidée par angiographie dans les situations urgentes ou émergentes peut pénaliser le groupe des angiographies seuls.

Troisièmement, l'adoption généralisée de l'IVUS pour les interventions sur le TCCG peut être associée aux particularités de la pratique et de l'expérience, ainsi qu'à l'expertise spécifique des cardiologues interventionnels qui ont effectué les procédures. Cependant, dans les études d'observation, ces facteurs ne peuvent pas être mesurés de manière adéquate, ce qui limite potentiellement la validité de l'effet bénéfique de l'IVUS. Enfin, le mécanisme direct du guidage par IVUS et l'avantage en termes de mortalité pour l'angioplastie du TCCG n'est toujours pas clair et n'est qu'hypothétique.

5. CONCLUSION :

En fin de compte, pour l'angioplastie du TCCG, l'IVUS est un outil complémentaire précieux pour l'évaluation pré-interventionnelle des lésions et l'optimisation post-interventionnelle des endo-prothèses. Compte tenu des avantages de l'IVUS pour définir la distribution de la maladie, informer sur la taille et la technique du stent, et améliorer la taille et l'expansion appropriées du stent, le rôle de l'IVUS dans la réduction de la re-sténose du TCCG et des complications liées à la thrombose du stent peut être cliniquement significatif.

De ce fait, nous pensons que l'IVUS devrait être appliqué avant l'implantation du stent pour aider à planifier l'angioplastie du TCCG, en déterminant l'anatomie et la charge athéromateuse ou '*plaque burden*', caractériser la maladie, et surtout la recherche des calcifications, et aider au choix de la taille exact du stent. L'utilisation de l'IVUS en post angioplastie a pour principale but de vérifier l'apposition du stent. Elle est surtout intéressante pour la prise en charge rapide des complications, comme les dissections post implantation, les mal-apposition des stents ou la perte des branches du TCCG.

Son utilisation permet de diminuer le risque de thrombose de stent de manière significative, et donc de diminuer la morbidité et la mortalité.

Cependant, un véritable effet clinique du guidage IVUS pour l'angioplastie du TCCG ne peut être confirmé ou réfuté que par des essais cliniques randomisés.

Malgré l'ensemble de ces points positifs, l'intégration dans la pratique clinique courante de l'IVUS reste faible en raison de son coût et de l'absence de remboursement. Les seuls pays bénéficiant du remboursement sont le Japon et le Royaume-Uni. La grande utilisation de IVUS est au Japon avec 96% des

angioplasties, aux États-Unis avec 20% des procédures, contre seulement 10,4% en Europe.

Les capacités d'imagerie supérieure de IVUS par rapport à l'angiographie conventionnelle ont considérablement amélioré notre compréhension de l'anatomie coronaire mais également de la physiopathologie de l'athérosclérose coronarienne, permettant ainsi des améliorations significatives dans le diagnostic et le traitement percutané de la coronaropathie. L'IVUS a un rôle à jouer en tant qu'outil diagnostique et en tant qu'outil d'intervention pour l'orientation des angioplasties dans la pratique clinique, en particulier chez les patients avec un angioplastie à haut risque. Malgré ses avantages, son utilisation reste faible dans le monde et surtout au Maroc.

RÉSUMÉ

Titre : Intérêt de l'IVUS dans la prise en charge des lésions du tronc commun (à propos de 21 cas).

Auteur : MEHSSANI Zineb

Mots clés : IVUS - Échographie endo-vasculaire - Tronc Commun.

Les lésions du tronc commun coronaire gauche (TCCG) posent plusieurs problèmes sur le plan diagnostique, et leur prise en charge interventionnelle peut être difficile, avec une haute mortalité. L'IVUS (*IntraVascular Ultra Sound*) est une imagerie endo-coronaire qui permet la visualisation de l'artère coronaire de manière invasive, plus précise que l'angiographie conventionnelle.

Le but de notre travail vise à étudier les particularités épidémiologiques des lésions du TCCG, et à montrer l'utilité de l'échographie endo-coronaire chez ces patients, à visée analytique, quantitatif et qualitatif, et comme aide à l'angioplastie du TCCG.

A travers notre travail, nous avons retrouvé un âge moyen des patients de 54 ± 16 ans avec nette prédominance masculine. Le tabac était le facteur de risque modifiable le plus fréquent.

La localisation prédominante étaient les lésions du TCCG prenant l'IVA à l'angiographie confirmé par IVUS. Il a permis de confirmer le caractère serré chez seulement 15 des 21 patients, dont la majorité se trouvaient au niveau du TCCG prenant l'IVA. Les étiologies retenues étaient les causes athéromateuse suivi de lésions calcifiées.

Ces 15 patients ont bénéficié d'une angioplastie (Syntax<22), à 1 ou 3 stents, avec l'aide de l'IVUS pour le choix de la taille des stents, la vérification de la bonne apposition du stent, et aider lors de complications procédurales. Aucun patient n'a présenté de complications secondaires à l'utilisation de l'IVUS.

Ainsi, l'utilisation de l'IVUS est particulièrement intéressante pour les lésions du TCCG quant à leur diagnostic d'abord, et comme aide à l'angioplastie pour d'abord le choix de la taille exact de stent, pour une bonne apposition de stent qui permet de diminuer le taux de re-sténose intra-stent, et de MACE au long terme, et d'aider lors des complications procédurale.

Malgré les limites inhérentes à la conception observationnelle non randomisée, toutes les études indiquent uniformément que le guidage par IVUS joue un rôle dans l'amélioration des résultats cliniques et de la mortalité à long terme.

ABSTRACT

Title: Benefit of IVUS in the management of left main stenosis (about 21 cases).

Author: MEHSSANI Zineb

Key words: Left Main, IVUS, Endo-coronary imaging.

The Left Main (LM) stenosis poses several diagnostic challenges, and their interventional management can be difficult, with a high mortality. IVUS (IntraVascular UltraSound) is an endo-coronary imaging that allows the visualization of coronary artery in an invasive way and is more precise than conventional angiography.

The aim of our work is to study the epidemiological features of LM lesions, to show the usefulness of endo-coronary ultrasound in these patients, for analytical, quantitative and qualitative purposes, and as an aid to LM percutaneous coronary interventions (PCI).

Through our work, we found a mean age of 54 ± 16 years with clear male predominance. Smoking was the most frequent risk factor.

The predominant localization were lesions of the LM to the left anterior descending coronary artery (LAD) confirmed by IVUS. IVUS confirmed the severity of the stenosis in only 15 of 21 patients, the majority of which were at the level of the LM to the LAD. The etiologies observed were atheromatous in most cases followed by calcified lesions.

These 15 patients underwent PCI (Syntax < 22), with 1 or 3 stents, with the assistance of the IVUS for the choice of stent size, verification of correct stent apposition, and assistance with procedural complications. No patients experienced complications secondary to the use of the IVUS.

Thus, the use of IVUS is particularly interesting for the diagnosis of the severity of the LM stenosis, and as an aid to PCI for the choice of the exact size of stent, to ensure good stent apposition which allows to decrease the rate of intra-stent restenosis and MACE in the long term, and to help during procedural complications.

Despite the inherent limitations of the nonrandomized observational design, all studies consistently indicate that IVUS guidance plays a role in improving clinical outcomes and long-term mortality.

ملخص

العنوان : مصلحة IVUS في إدارة آفات الجذع الشائعة (حوالي 21 حالة).

المؤلف : محساني زينب

الكلمات المفتاحية : IVUS - الموجات فوق الصوتية داخل الأوعية - النواة المشتركة

تسبب آفات الجذع التاجي الأيسر (TCCG) العديد من المشاكل التشخيصية، ويمكن أن تكون إدارتها التدخلية صعبة، مع ارتفاع معدل الوفيات. IVUS (IntraVascular Ultra Sound) هو تصوير داخلي للشريان التاجي يسمح بتصوير الشريان التاجي بطريقة جائرة ، وأكثر دقة من تصوير الأوعية التقليدي. الهدف من عملنا هو دراسة الخصائص الوبائية لآفات TCCG، وإظهار فائدة الموجات فوق الصوتية داخل التاج في هؤلاء المرضى، للأغراض التحليلية والكمية والنوعية، وكمساعدة في رأب الأوعية الدموية لـ TCCG.

من خلال عملنا، وجدنا أن متوسط عمر المرضى 54 ± 16 عامًا مع غلبة الذكور بشكل واضح. كان التدخين هو أكثر عوامل الخطر القابلة للتعديل شيوعًا.

كان التوطين السائد هو آفات TCCG مع IVA وقد أكد تصوير الأوعية بواسطة IVUS. أكد IVUS ضيقًا في 15 فقط من 21 مريضًا، كان معظمهم على مستوى TCCG مع أخذ VIA. كانت المسببات المحتجزة أسبابًا عصيدية تليها آفات متكلسة.

استفاد هؤلاء الـ 15 مريضًا من رأب الوعاء (بناء الجملة >22)، مع 1 أو 3 دعامات، بمساعدة IVUS لاختيار حجم الدعامات، والتحقق من التركيب الجيد للدعامة ، والمساعدة أثناء المضاعفات الإجرائية . لم يقدم أي مريض مضاعفات ثانوية لاستخدام IVUS.

وبالتالي، فإن استخدام IVUS مثير للاهتمام بشكل خاص لآفات TCCG فيما يتعلق بتشخيصها أولاً، وكمساعدة في رأب الأوعية لأول مرة لاختيار الحجم الدقيق للدعامة، للحصول على وضع جيد للدعامة مما يقلل من معدل عودة التضيق داخل الدعامة، وMACE على المدى الطويل، ويساعد في التعقيدات الإجرائية.

على الرغم من القيود المتأصلة في تصميم الملاحظة غير العشوائية، تشير جميع الدراسات باستمرار إلى أن إرشادات IVUS تلعب دورًا في تحسين النتائج السريرية والوفيات على المدى الطويل.

6. REFERENCES.

- [1] Bom N, Lancee CT, Van Egmond FC: An ultrasonic intracardiac scanner. *Ultrasonics* 1972; 10:72.
- [2] Bom N, Ten Hoff H, Lancee CT, Gussenhoven WJ, Bosh JG. Early and recent intraluminal ultrasound devices. *Int J Cardiac Imag* 1989; 4:79-88.
- [3] Graham SP, Brands D, Sheehan H, Hodgson MJ. Assessment of arterial wall morphology using intravascular ultrasound in vitro and in patients (Abst). *Circulation* 1989; 80:11-565.
- [4] Mintz Gs, Nissen SE, Anderson WD, Bailey SR, Erbel R, Fitzgerald PJ, *et.al.* American College of Cardiology Clinical; Expert Consensus Document on Standards for Acquisition, Measurement and Reporting of Intravascular Ultrasound Studies (IVUS). A Report of the American College of Cardiology Task Force on Clinical Expert Consensus Documents. *J Am Coll Cardiol.* 2001; 37(5); 1478-92.
- [5] Räber L, Mintz GS, Koskinas KC, Johnson TW, Holm NR, Onuma Y, *et al.* Clinical Use of intracoronary imaging. Part 1: guidance and optimization of coronary interventions. An expert consensus document of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions. *Eur Heart J.* 2018 May 22. Doi: 10.1093/eurheartj/ehy285. [Epub ahead of print].
- [6] Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, Alfonso F, Banning AP, Benedetto U, Byrne RA, Collet JP, Falk V, Head SJ, Jüni P, Kastrati A, Koller A, Kristensen SD, Niebauer J, Richter DJ, Seferovic PM, Sibbing D, Stefanin GG, Wimdecker S, Yadav R, Zembala MO; ESC Scientific Document Group. 2018 ESC/EACTS Guidelines of myocardial revascularization. *Eur Heart J.* 2018 Aug 25. Doi: 10.1093/eurheartj/ehy394. [Epub ahead of print]
- [7] Bech GJ, Droste H, Pijls NH, *et.al.* Value of fractional flow reserve in making decisions about bypass surgery for equivocal left main coronary artery disease. *Heart.* 2001; 86:547-552.

- [8] Hamilos M, Muller O, Cuisset T, *et al.* Long-term clinical outcome after fractional flow reserve-guided treatment in patients with angiographically equivocal left main coronary artery disease. *Circulation*. 2009; 120:1505-1512.
- [9] Mallidi J, Atreya AR, Cook J, *et al.* Long-term outcomes following fractional flow reserve-guided treatment of angiographically ambiguous left main coronary artery disease: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2015; 86:12-18.
- [10] Song HG, Kang SJ, Mintz GS. Value of intravascular ultrasound in guiding coronary interventions. *Echocardiography* 2018; 35:520-533.
- [11] Capodanno D, Di Salvo ME, Seminara D, Caggegi A, Barrano G, Tagliareni F, *et al.* Epidemiology and clinical impact of different anatomical phenotypes of the left main coronary artery. *Heart Vessels*. Mars 2011;26(2):138-44.
- [12] Macaya C, Alfonso F, Iñiguez A, Goicolea J, Hernandez R, Zarco P. Stenting for elastic recoil during coronary angioplasty of the left main coronary artery. *Am J Cardiol*. 1992;70(1):105-107.
- [13] Park SJ, Park DW. Left main stenting: is it a different animal? *EuroIntervention*. 2010;6(suppl J): J112-J117.
- [14] Oviedo C, Maehara A, Mintz GS, *et al.* Intravascular ultrasound classification of plaque distribution in left main coronary artery bifurcations: where is the plaque really located? *Circ Cardiovasc Interv*. 2010;3(2):105-112.
- [15] Vis MM, Beijk MA, Grundeken MJ, Baan J, Koch KT, Wykrykowskq JJ, *et al.* A systematic review and meta-analysis on primary percutaneous coronary intervention of an unprotected left main coronary artery culprit lesion in the setting of acute myocardial infarction. *JACC Cardiovasc interv*. Avr 2013; 6(4):317-24.
- [16] Stone GW, Sabik JF, Serruys PW, Simonton CA, Généreux P, Puskas J *et al.* Everolimus-Eluting Stents of BypassSurgery for Left Main Coronary Artery Disease. *N Engl J Med*. 08 2016; 375(230):2223-35.
- [17] Mäkikallio T, Holm NR, Lindsay M, Spence MS, Erglis A, Menown IBA, *et al.* Percutaneous coronary angioplasty versus coronary artery bypass grafting in treatment of unprotected left main stenosis (NOBLE): a prospective, randomized, open-label, non-inferiority trial. *Lancet Lond Engl*. 03 2016;388(10061):2743-52.

- [18] Taylor HA, Deumite NJ, MD, Chaitman BR, Davis KB, Killip T, Rogers WJ. Asymptomatic left main coronary artery disease in the Coronary artery Surgery Study (CASS) Registry. *Circulation*. 1989;79(6):1171-1179.
- [19] Pramod Kumar Kuchulakanti, Left Main PCI—Current Evidence, Techniques, and Triumph, *Indian Journal of Clinical Cardiology* 1(2) 86–93, 2020.
- [20] Kim Y-H, Ahn J-M, Park D-W, Song HG, Lee J-Y, Kim W-J, *et al.* Impact of ischemia-guided revascularization with myocardial perfusion imaging for patients with multivessel coronary disease. *J Am Coll Cardiol*. 17 Juill 2012; 60(30):181-90.
- [21] Park S-J, Kim Y-H, Park D-W, Yun S-C, Ahn J-M, Song HG, *et al.* Randomized trial of stents versus bypass surgery for left main coronary artery disease. *N Engl J Med*. 5 mai 2011; 364(18):1718-27.
- [22] Morice M-C, Serruys PW, Kappetein AP, Feldman TE, Stähle E, Colombo A, *et al.* Outcomes in patients with de novo left main disease treated with either percutaneous coronary intervention using paclitaxel-eluting stents or coronary artery bypass graft treatment in the Synergy Between Percutaneous Coronary Intervention with TAXUS and Cardiac Surgery (SYNTAX) trial. *Circulation*. 22 juin 2010; 121(240):2645-53.
- [23] Boudriot E, Thiele H, Walther T, Liebetrau C, Boeckstegers P, Pohl T, *et al.* Randomized comparison of percutaneous coronary intervention with sirolimus-eluting stents versus coronary artery bypass grafting in unprotected left main stem stenosis. *J Am Coll Cardiol*. 1 fév 2011; 57(5):538-45.
- [24] Sumiński A. [Commenting to the article : Buszman P, Kiesz SR, Bochenek A, *et al.* Acute and late outcomes of unprotected left main in comparison with surgical revascularization. *J Am Coll Cardiol* 2008;51:538-45]. *Kardiologia Pol*. Mars 2008; 66(3):361-2, discussion 362-363.
- [25] Morice M-C, serruys PW, Kappetein AP, Feldman TE, Stähle E, Colombo A, *et al.* Five year outcomes in patients with left main disease treated with either percutaneous coronary intervention or coronary artery bypass grafting in the synergy between percutaneous coronary intervention with taxus and cardiac surgery trial. *Circulation*. 10 juin 2014; 129(23):2388-94.

- [26] Head SJ, Mlojevic M, Daemen J, Ahn J-M, Boersma E, Christiansen EH, *et al.* Mortality after coronary artery bypass grafting versus percutaneous coronary intervention with stenting for coronary artery disease: a pooled analysis of individual patient data. *Lancet Lond Engl.* 10 2018;391(10124):939-48.
- [27] Xu B, Redfors B, Yang Y, Qiao S, Wu Y, Chen J, *et al.* Impact of Operator Experience and Volume on Outcomes After Left Main Coronary Artery Percutaneous Coronary Intervention. *JACC Cardiovasc Interv.* 24 2016;9(20):2086-93.
- [28] Naganuma T, Chieffo A, Meliga E, Capodanno D, Park S-J, Onuma Y, *et al.* Long-term clinical outcomes after percutaneous coronary intervention for ostial/mid-shaft lesions versus distal bifurcation lesions in unprotected left main coronary artery : the DELTA Registry (drug-eluting stent for left main coronary artery disease): a multicenter registry evaluating percutaneous coronary intervention versus coronary artery bypass grafting for the left main treatment. *JACC Cardiovasc Interv.* Déc 2013;6(12):1242-9.
- [29] Garcia-Lara J, Pinar E, Valdesuso R, Lacunza J, Gimeno JR, Hurtado JA, *et al.* Percutaneous coronary intervention with rotational atherectomy for several calcified unprotected left main: immediate and two-years follow-up results. *Catheter Cardiovasc Interv Off. J Soc Card Angiogr Interv.* 1 Août 2012; 80(2):215-20.
- [30] Finet G, Gilard M, Perrenot B, Rioufol G, Motreff P, Gavit L, *et al.* Fractal geometry of arterial coronary bifurcations: a quantitative coronary angiography and intravascular ultrasound analysis. *EuroIntervention J Eur Collab Work Group Interv Cardiol eur Soc Cardiol.* Janv 2008; 3(4):490-8.
- [31] Lassen JF, Burzotta F, Banning AP, Lefèvre T, Darremont O, Hildick-Smith D, *et al.* Percutaneous coronary intervention for the left main stem and other bifurcation lesions: 12th consensus document from the European Bifurcation Club. *EuroIntervention J Eur Collab Work Group Interv Cardiol Eur Soc Cardiol.* 20 janv 2018; 13(13):1540-53.
- [32] IMAGE : Fajadet J, Capodanno D, Stone GW. Management of left main disease : an update. *Eur Heart J.* 30 avr 2018;
- [33] Foin N, Torii R, Mortier P, De Beule M, Viceconte N, Chan PH, *et al.* Kissing balloon or sequential dilatation of the side branch and main vessel for provisional

stenting of bifurcations: lessons from micro-computed tomography and computational simulations. *JACC Cardiovasc Interv.* Janv 2012;5(1):47-56.

[34] Ferenc M, Gick, Comberg T, Rothe J, Valina C, Toma C, et al. Culotte stenting vs. TAP stenting for treatment of de-novo coronary bifurcation lesions with the need for side-branch stenting: the Bifurcations Bad Krozingen (BBK) II angiographic trial. *Eur Heart J.* 01 2016;37(45):3399-405.

[35] Ahn J-M, Lee PH, Park D-W, kang S-J, Lee S-W, Kim Y-H, et al. Benefit of Final Kissing Balloon Inflation Mandatory After Simple Crossover Stenting for Left Main Bifurcation Narrowing. *Am J Cardiol.* 15 2017;119(4):528-34.

[36] Chen S-L Xu B, Han Y-L, Sheiban I, Zhang J-J, Ye F, et al. Comparison of double kissing crush versus Culotte stenting for unprotected distal left main bifurcation lesions: results from a multicenter, randomized prospective DKCRUSH-III study. *J Am Coll Cardiol.* 9 avr 2013;61(14):1482-8.

[37] Chen S-L Xu B, Han Y-L, Sheiban I, Zhang J-J, Ye F, et al. Clinical Outcome After DK Crush Versus Culotte Stenting of Distal Left Main Bifurcation Lesions: The 3-Year Follow-Up Results of the DKCRUSH-III Study. *JACC Cardiovasc interv.* 24 août 2015;8(10):1335-42.

[38] Chen S-L, Zhang J-J, Han Y, Kan J, Chen L, Qiu C, et al. Double Kissing Versus Provisional Stenting for Left Main Distal Bifurcation Lesions: DKCRUSH-V Randomized Trial. *J Am Coll Cardiol.* 28 nov 2017;70(21);2605-17.

[39] Rab T, Sheiban I, Louvard Y, Sawaya FJ, Zhang JJ, Chen SL. Current Interventions for the Left Main Bifurcation. *JACC Cardiovasc Interv.* 8 mai 2017;10(9):849-65.

[40] Zhang J-J, Chan S-L. Classic crush and DK crush stenting techniques. *EuroIntervention J eur Work Group Interv Cardiol Eur Soc Cardiol.* 2015;11 suppl V:V102-105.

[41] Chieffo A, Hildick-Smith D. The European Bifurcation Club Left Main Study (EBC MAIN): rationale and design of an international, multicentre, randomized comparison of two stent strategies for the treatment of left main coronary bifurcation disease. *EuroIntervention J Eur Collab Work Group Interv Cardiol Eur Soc Cardiol.* 17 mai 2016;12(1):47-52.

- [42] StephanWindecker null, Kolh P, Alfonso F, Collet J-P, Cremer J, Falk V, et al. 2014 ESC/EACTS guidelines on myocardial revascularization. *Rev Espanola Cardiol Engl ED*. Fév 2015;68(2):144.
- [43] Hihn SD, Blankenship JC, Alexander KP, Bittl JA, Byrne JG, Fletcher BJ, et al. 2014 ACC/AHA/PCNA/SCAI/STS focused update of the guidelines for the diagnosis and management of patients with stable ischemic heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, and the American Association for the Thoracic surgery, Preventive Cardiovascular Nurses Association, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons. *Circulation*. 4 nov 2014; 130(19):1749-67.
- [44] Ahn, J. M. *et al.* Differential prognostic effect of intravascular ultrasound use according to implanted stent length. *Am J Cardiol*. 111, 829–835 (2013).
- [45] Nissen SE, Yock P. Intravascular ultrasound: novel pathophysiological insights and current clinical applications. *Circulation* 2001;103:604–16. PMID: 11157729
- [46] Cameron A, Kemp HG Jr, Fisher LD, et al. Left main coronary artery stenosis: angiographic determination. *Circulation*. 1983;68:484-489.
- [47] Gussenhoven EJ, Essed CE, Lancée CT et al.— Arterial wall characteristics determined by intra-vascular ultrasound imaging : an in vitro study. *J Am Coll Cardiol*, 1989, 14, 947-952.
- [48] Levine GN, Bates ER, Blankenship JC et al. 2011 ACCF/AHA/SCAI Guideline for Percutaneous Coronary Intervention. A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions. *J Am Coll Cardiol* 2011;58:e44-122.
- [49] Vasquez A, Mistry N, Singh J. Impact of Intravascular Ultrasound in Clinical Practice. *Interventional cardiology (London, England)* 2014;9:156-163.
- [50] Finet G, Maurincomme E, Douek Ph, Tabib A, Amiel M, Beaune J. Threelayer appearance of arterial wall in intra-vascular ultrasound imaging: Artifact or reality? Implications for accurate measurements in quantitative intravascular ultrasound. *Echocardiography* 1994; 11:343-63.

- [51] Finet G, Tabib A, Maurincomme E, Roriz R, Amiel M, Beaune J. Artefacts et imagerie échographique intravasculaire. Analyse et implications. *Arch Mal Cœur* 1994 ; 87 :271-80.
- [52] Palmer ND, Northridge D, Lessells A, Mc Dicken WN, Fox KAA In vitro analysis of coronary atheromatous lesions by intravascular ultrasound. *Eur Heart* 1999; 20:1701-6.
- [53] Finet G, Maurincomme E, Tabib A, Roriz R, Magnin IE, Douek P, Beaune J, Amiel M. Artifacts in intravascular ultra-sound imaging; Analyses and implications. *Ultrasound Med Biol* 1993; 19:533-47.
- [54] Topol EJ, Nissen SE. Our preoccupation with coronary luminology. The dissociation between clinical and angiographic findings in ischemic heart disease. *Circulation* 1995;92:2333–42. PMID: 7554219
- [55] St Goar FG, Pinto FJ, Alderman EL, et al. Intravascular ultrasound imaging of angiographically normal coronary arteries: an in vivo comparison with quantitative angiography. *J Am Coll Cardiol* 1991;18:952–8. PMID: 1894869
- [56] Burzotta F, Dato I, Trani C, et al. Frequency domain optical coherence tomography to assess non-ostial left main coronary artery. *EuroIntervention* 2015;10:e1–8. DOI: 10.4244/EIJV10I9A179; PMID: 25599698
- [57] Hong MK, Mintz GS, Lee CW, et al. Intravascular ultrasound predictors of angiographic restenosis after sirolimus-eluting stent implantation. *Eur Heart J* 2006; 27:1305-10.
- [58] Sano K, Mintz GS, Carlier SG, et al. Assessing intermediate left main coronary lesions using intravascular ultrasound. *Am Heart J*. 2007;154:983-988.
- [59] Maehara A, Mintz GS, Castagna MT, et al. Intravascular ultrasound assessment of the stenoses location and morphology in the left main coronary artery in relation to anatomic left main length. *Am J Cardiol*. 2001;88:1-4.
- [60] Tyczynski P, Pregowski J, Mintz GS, et al. Intravascular ultrasound assessment of ruptured atherosclerotic plaques in left main coronary arteries. *Am J Cardiol*. 2005;96:794-798.
- [61] Barbato E, Carrié D, Dardas P, et al. European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions. European expert consensus on rotational

atherectomy. *EuroIntervention* 2015;11:30–6. DOI: 10.4244/EIJV11I1A6; PMID: 25982648

[62] Lotfi A, Jeremias A, Fearon WF, et al. Society of Cardiovascular Angiography and Interventions. Expert consensus statement on the use of fractional flow reserve, intravascular ultrasound, and optical coherence tomography: a consensus statement of the Society of Cardiovascular Angiography and Interventions. *Catheter Cardiovasc Interv* 2014; 83:509–18. DOI: 10.1002/ccd.25222; PMID: 24227282

[63] Kobayashi N, Mintz GS, Bui AB, et al. Prevalence, features, and prognosis importance of edge dissection after drug-eluting stent implantation: an ADAPT-DES intravascular ultrasound substudy. *Circ Cardiovasc Interv*. 2016; 9: e003553.

[64] Généreux P, Madhavan MV et al. Ischemic outcomes after coronary intervention of calcified vessels in acute coronary syndromes. Pooled analysis from the HORIZONS-AMI and ACUITY TRIALS. *J Am Coll Cardiol*. 2014; 63 : 1845-54.

[65] Giovanni Luigi De Maria and Adrian P Banning, Use of Intravascular Ultrasound Imaging in Percutaneous Coronary Intervention to Treat Left Main Coronary Artery Disease *Interventional Cardiology Review* 2017;12(1):8–12. DOI: 10.15420/icr.2017:1:3

[66] Mintz GS, Popma JJ, Pichard AD, et al. Patterns of calcification in coronary artery disease. A statistical analysis of intravascular ultrasound and coronary angiography in 1155 lesions. *Circulation* 1995;91:1959–65. PMID: 7895353

[67] Hendry C, Fraser D, Eichhofer J, et al. Coronary perforation in the drug-eluting stent era: incidence, risk factors, management and outcome: the UK experience. *EuroIntervention* 2012;8:79–86. DOI: 10.4244/EIJV8I1A13; PMID: 22580251

[68] Park SJ, Kim YH, Park DW, et al. MAIN-COMPARE Investigators. Impact of intravascular ultrasound guidance on long-term mortality in stenting for unprotected left main coronary artery stenosis. *Circ Cardiovasc Interv* 2009;2:167–77. DOI: 10.1161/ CIRCINTERVENTIONS.108.799494; PMID: 20031713

- [69] Kang SJ, Ahn JM, Kim WJ, et al. Functional and morphological assessment of side branch after left main coronary artery bifurcation stenting with cross-over technique. *Catheter Cardiovasc Interv* 2014;83:545–52. DOI: 10.1002/ccd.25057; PMID: 23765939
- [70] Mintz GS, Guagliumi G. Intravascular imaging in coronary disease. *Lancet* 2017 ; 380:793-809
- [71] Park SJ, kang SJ, Virmani R, Nakano M, Ueda Y. In-stent neoatherosclerosis : a final common pathway of late stent failure. *J Am Coll Cardiol* 2012; 59:2051-57.
- [72] Hong SJ, Kim BK, Shin DH, et al. Effect of intravascular ultrasound-guided vs angiography-guided everolimus-eluting stent implantation: the IVUS-XPL randomized clinical trial. *JAMA* 2015; 314:2155-2163.
- [73] Elgendy IY, Mahmoud AN, Elgendy AY, Bavry AA. Outcomes with intravascular ultrasound-guided stent implantation: a meta-analysis of randomized trials in the era of drug-eluting stents. *Circ Cardiovasc Interv.* 2016; 9:e003700.
- [74] Jacques Boschat, Martine Gilard, Romain Didider, L'échographie endocoronaire (IVUS), *Precis de Cardiologie interventionnelle*, Edition Frison roche, 2021.
- [75] de la Torre Hernandez JM, Baz Alonso JA, Gómez Hospital JA, et al. IVUS-TRONCO-ICP Spanish Study. Clinical impact of intravascular ultrasound guidance in drug-eluting stent implantation for unprotected left main coronary disease: pooled analysis at the patient-level of 4 registries. *JACC Cardiovasc Interv* 2014;7:244–54. DOI:10.1016/j.jcin.2013.09.014; PMID: 24650399
- [76] Bing R, Yong AS, Lowe HC. Percutaneous transcatheter assessment of the left main coronary artery: current status and future directions. *JACC Cardiovasc Interv* 2015;8:1529–39. DOI: 10.1016/j.jcin.2015.07.017; PMID: 26493245
- [77] Nerlekar N, Cheshire CJ, Verma KP, et al. Intravascular ultrasound guidance improves clinical outcomes during implantation of both first- and second-generation drug-eluting stents: a meta-analysis. *EuroIntervention* 2017;12: 1632–42. DOI: 10.4244/EIJ-D-16-00769; PMID: 27840327

- [78] Kang SJ, Ahn JM, Song H, et al. Comprehensive intravascular ultrasound assessment of stent area and its impact on restenosis and adverse cardiac events in 403 patients with unprotected left main disease. *Circ Cardiovasc Interv* 2011;4: 562–9. DOI: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.111.964643; PMID: 22045969
- [79] Kasaoka D, Tobis JM, Akiyama T, et al. Angiographic and intravascular ultrasound predictors of in-stent restenosis. *J Am Coll Cardiol* 1998; 32:1630-5.
- [80] Parise H, Maehara A, Stone G W, MD, Leon M B, MD, Mintz G S. Meta-analysis of randomized studies comparing intravascular ultrasound versus angiographic guidance of percutaneous coronary interventions in pre-drug-eluting stent area. *Am J Cardiol* 2011 : 107; 374-382.
- [81] Bucherri S, Franchina G, Romano S, et al. Clinical outcomes following intravascular imaging-guided versus coronary angiography-guided percutaneous coronary intervention with stent implantation. A systematic review and Bayesian network meta-analysis of 31 studies and 17882 patients. *JACC Cardiovasc Interv* 2017; 24:2488-98.
- [82] Akebayashi H, Kobayashi Y, Mintz GS, et al. Intravascular ultrasound assessment of lesions with target vessel failure after sirolimus-eluting stent implantation. *Am J Cardiol* 2005; 95:498-502.
- [83] Fujii K, Mintz GS, Kobayashi Y, et al. Contribution of stent underexpansion to recurrence after sirolimus-eluting stent implantation for in-stent restenosis. *Circulation* 2004; 109:1085-8.
- [84] Sakurai R, Ako J, Morino Y, et al. Predictors of edge stenosis following sirolimus-eluting stent deployment (a quantitative intravascular ultrasound analysis from the SIRIUS trial). *Am J Cardiol* 2005; 95:1251-3.
- [85] Song HG, Kang SJ, Ahn JM, et al. Intravascular ultrasound assessment of optimal stent area to prevent in-stent restenosis after zotalimus, everolimus, and sirolimus-eluting stent implantation. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2014; 83:873-878.
- [86] Kang SJ, Ahn JM, Song H, et al. Comprehensive intravascular ultrasound assessment of stent area and its impact on restenosis and asverse cardiac events in 403 patients with unprotected lef main disease. *Circ Cardiovasc Interv*. 2011; 4:562-569.

- [87] Tanabe K, serruys PW, Degertekin M, et al. Incomplete stent apposition after implantation of paclitaxel-eluting stents or bare metal stents : insights from the randomized TAXUS II trial. *Circulation*. 2005; 11:900-905.
- [88] van der Hoeven BL, Liem SS, Dijkstra J, et al. Stent malapposition after sirolimus-eluting and bare-metal stent implantation in patients with ST-segment elevation myocardial infarction : acute and 9 month intravascular ultrasound results from the MISSION! Intervention study. *JACC Cardiovasc Interv*. 2008; 1:192-201.
- [89] Guo N, Maehara A, Mintz GS, et al. Incidence, mechanisms, predictors, and clinical impact of acute and late stent malapposition after primary intervention in patients with acute myocardial infarction : an intravascular ultrasound sub-study of the Harmonizing Outcomes with Revascularization and Stents in Acute Myocardial Infarction (HORIZONS_AMI) trial. *Circulation*. 2010; 122:1077-1084.
- [90] Hong MK, Park SW, Lee NH, et al. Long-term outcomes of minor dissection at the edge of stents detected with intra-vascular ultrasound. *Am j Cardiol*. 2000; 86:791-795, A9.
- [91] Sheris SJ, Canos MR, Weissman NJ. Natural history of intravascular ultrasound-detected edge dissections from coronary stent deployment. *Am Heart J*. 2000; 139 (1 Pt 1):59-63.
- [92] Liu X, Tsujita K, Maehara A, et al. Intravascular assessment of the incidence and predictors of edge dissections after drug-eluting stent implantation. *JACC Cardiovasc Interv*. 2009; 2:997-1004.
- [93] Choi SY, Witzembichler B, Maehara A, et al. Intravascular ultrasound findings of early stent thrombosis after primary percutaneous intervention in acute myocardial infarction : a harmonizing Outcomes with Revascularization and Stents in Acute Myocardial Infarction (HORIZONS-AMI) sub-study. *Circ Cardiovasc Interv*. 2011; 4:239-247.
- [94] Maehara A, Mintz GS, Bui AB, et al. Incidence, morphology, angiographic findings, and outcomes of intramural hematomas after percutaneous coronary interventions: an intravascular ultrasound study. *Circulation*. 2002; 105:2037-2042.

- [95] Uren NG, Schwarzacher SP, Metz JA, et al. Predictors and outcomes of stent thrombosis: an intravascular ultrasound registry. *Eur Heart J* 2002; 23:124-132.
- [96] Cheneau E, Leborgne L, Mintz GS, et al. Predictors of sub-acute stent thrombosis: results of a systematic intravascular ultrasound study. *Circulation* 2003; 108:43-47.
- [97] Steinvil A, Zhang YJ, LEE SY, et al. Intravascular ultrasound-guided drug-eluting stent implantation: an updated meta-analysis of randomized control trials and observational studies. *Int J Cardiol* 2016; 216:133-39.
- [98] Shin DH, Hong SJ, Mintz GS, et al. Effects of intravascular ultrasound-guided versus angiography-guided new generation drug-eluting stent implantation: meta-analysis with individual patient-level data from 2345 randomized patients. *JACC Cardiovasc Interv* 2016; 9:2232-39.
- [99] Daemen J, Wenaweser P, Tsuchida K, et al. Early and late coronary stent thrombosis of sirolimus-eluting and paclitaxel-eluting stents in routine clinical practice: data from large two-institutional cohort study. *Lancet* 2007; 369:667-78.
- [100] Farb A, Burke AP, Kolodgie FD, Virmani R. Pathological mechanisms of fatal late coronary stent thrombosis in humans. *Circulation* 2003; 108:1701-06.
- [101] Cook S, Wenaweser P, Togni M, et al. Incomplete stent apposition and very late stent thrombosis after drug-eluting stent implantation. *Circulation* 2007; 115:2426-34.
- [102] Mintz GS, Guagliumi G. Intravascular imaging in coronary disease. *Lancet* 2017; 380:793-809.
- [103] Zhang J, Gao X, Kan J, et al. Intravascular Ultrasound Versus Angiography-Guided Drug-Eluting Stent Implantation: The ULTIMATE Trial. *J Am Coll Cardiol* 2018;72:3126-37.
- [104] Hong SJ, Kim BK, Shin DH, Nam CM, Kim JS, Ko YG, Choi D, Kang TS, Kang WC, Her AY, Kim YH, Kim Y, Hur SH, Hong BK, Kwon H, Jang Y, Hong MK; IVUS-XPL Investigators. Effect of Intravascular Ultrasound-Guided vs Angiography-Guided Everolimus-Eluting Stent Implantation: The IVUS-XPL Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2015;314:2155–2163. doi: 10.1001/jama.2015.15454.

- [105] Jang JS, Song YJ, Kang W, Jin HY, Seo JS, Yang TH, Kim DK, Cho KI, Kim BH, Park YH, Je HG, Kim DS. Intravascular ultrasound-guided implantation of drug-eluting stents to improve outcome: a meta-analysis. *JACC Cardiovasc Interv.* 2014;7:233–243. doi: 10.1016/j.jcin.2013.09.013.
- [106] Zhang YJ, Pang S, Chen XY, Bourantas CV, Pan DR, Dong SJ, Wu W, Ren XM, Zhu H, Shi SY, Iqbal J, Gogas BD, Xu B, Chen SL. Comparison of intravascular ultrasound guided versus angiography guided drug eluting stent implantation: a systematic review and meta-analysis. *BMC Cardiovasc Disord.* 2015;15:153. doi: 10.1186/s12872-015-0144-8.
- [107] Park SJ, Kim YH, Park DW, Lee SW, Kim WJ, Suh J, Yun SC, Lee CW, Hong MK, Lee JH, Park SW; MAIN-COMPARE Investigators. Impact of intravascular ultrasound guidance on long-term mortality in stenting for unprotected left main coronary artery stenosis. *Circ Cardiovasc Interv.* 2009;2:167–177. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.108.799494.
- [108] Andell P, Karlsson S, Mohammad MA, Göteborg M, James S, Jensen J, Fröbert O, Angerås O, Nilsson J, Omerovic E, Lagerqvist B, Persson J, Koul S, Erlinge D. Intravascular ultrasound guidance is associated with better outcome in patients undergoing unprotected left main coronary artery stenting compared with angiography guidance alone. *Circ Cardiovasc Interv.* 2017;10:e004813. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.116.004813.