

Le dossier – Ablation des tachycardies ventriculaires

Tachycardie ventriculaire sur cœur sain : principes, résultats et complications

RÉSUMÉ : Les tachycardies ventriculaires (TV) sur cœur sain sont des arythmies assez fréquentes dans la pratique quotidienne en rythmologie. Il convient d'éliminer, par l'ensemble des examens d'imagerie cardiaque disponibles, une cardiopathie sous-jacente (ETT, IRM cardiaque voire PET-scan ou PET-IRM). La localisation du foyer arythmogène se fait d'abord sur l'ECG puis, pendant l'intervention, les systèmes de cartographie haute définition permettent le plus souvent une localisation très précise du foyer. Le taux de succès de l'ablation est globalement élevé (environ 80 %) mais dépend essentiellement de la localisation du foyer qui sera d'autant plus facile et sûr à ablater qu'il y a un accès anatomique facile et loin de zones anatomiques risquées, comme les artères coronaires ou le système de conduction électrique normal.



N. LELLOUCHE

Service de Cardiologie, Rythmologie,
hôpital Henri Mondor, CRÉTEIL.

Les tachycardies ventriculaires (TV) sur cœur sain sont secondaires à des anomalies électriques primitives, le plus fréquemment de type hyper-automaticité mais aussi d'activité électrique déclenchée (post-dépolarisation tardive) ou plus rarement de réentrée. Par définition, aucune cardiopathie structurale (zone de fibrose) n'est retrouvée, notamment en échocardiographie, mais aussi maintenant par des techniques d'imagerie cardiaque plus poussées comme l'IRM, le PET-scan ou le PET-IRM.

Ces TV ont des localisations anatomiques particulières : la plus fréquente (80 %) est la base du cœur dont l'anatomie est complexe. Quatre zones de cette base cardiaque sont possiblement à l'origine de TV idiopathique : l'infundibulum pulmonaire, l'infundibulum aortique endocavitaire, les cusps aortiques et le sommet épicaudique du VG [1].

Une autre zone anatomique peut être à l'origine de TV idiopathique (10 % des cas) : les piliers de la valve mitrale.

Enfin, nous traiterons de la TV fasciculaire (10 % des cas) qui a des propriétés électro-

physiologiques particulières, notamment avec un mécanisme de réentrée.

Le taux de succès et de complications de l'ablation de ces TV dépend essentiellement de la zone de localisation de la TV et de son mécanisme.

Caractéristiques cliniques des TV sur cœur sain

1. TV infundibulaire

La base du cœur est une structure anatomique complexe qui en comprend plusieurs :

– l'**infundibulum pulmonaire** qui est une structure antérieure dans le thorax est situé à gauche par rapport à l'aorte (**fig. 1**). On distingue quatre segments dans l'infundibulum pulmonaire : la paroi libre, paroi antérieure, postérieure et septale (proche de l'aorte). Les patients présentant une TV infundibulaire droite ont souvent un profil clinique particulier : patient jeune de sexe féminin et sans cardiopathie sous-jacente [2, 3]. Ces TV sont monomorphes et peuvent s'aggraver à l'effort (TV de Gallavardin). Elles ont

Le dossier – Ablation des tachycardies ventriculaires

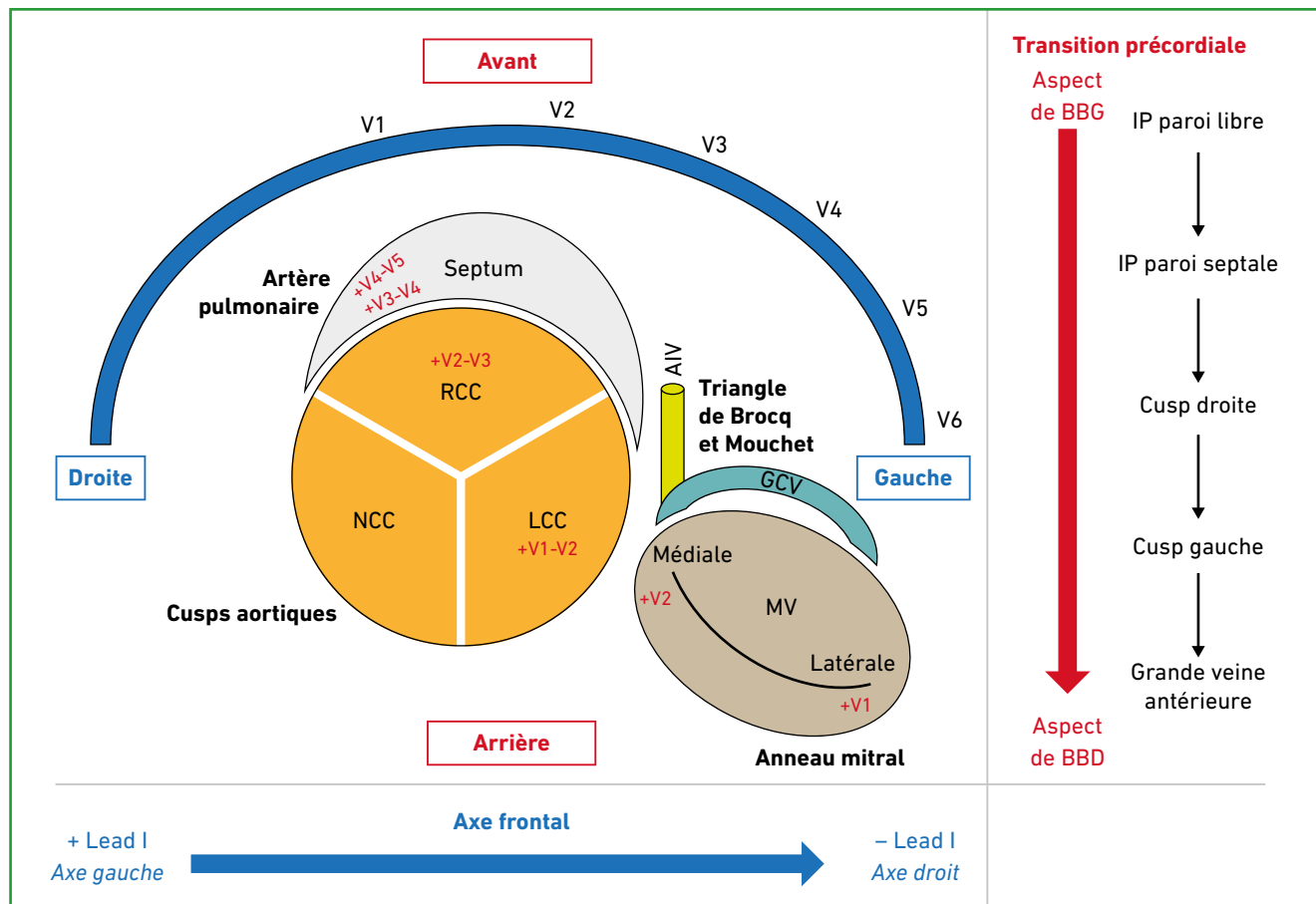


Fig. 1 : Schéma anatomique montrant les rapports complexes de l'infundibulum avec proximité de l'infundibulum pulmonaire en avant, des cusps aortiques en arrière et, de droite à gauche, le septum interventriculaire, le triangle de Brocq et Mouchet, puis l'anneau mitral respectivement. BBG : bloc de branche gauche ; BBD : bloc de branche droit ; MV : valve mitrale ; RCC : cusp coronaire droite ; LCC : cusp coronaire gauche ; NCC : cusp non coronaire ; IP : infundibulum pulmonaire ; GCV : grande veine cardiaque ; AIV : artère interventriculaire antérieure.

un mécanisme d'hyper-automatisme ou de post-dépolarisation tardive (majoration à l'effort) ;

– **cusps aortiques.** Sur le plan anatomique, la paroi postérieure de l'artère pulmonaire est en face de la cusp aortique droite et gauche, expliquant la ressemblance électrocardiographique de ces types de TV [4] ;

– **sommet du ventricule gauche (LV summit).** Cette zone anatomique épicaudique est le siège anatomique de troubles du rythme ventriculaire relativement fréquents (20 à 30 % des arythmie ventriculaires infundibulaires : ESV ou TV). Cette zone correspond à un triangle (triangle de Brocq et Mouchet) dont les limites anatomiques sont : l'auricule gauche, le tronc commun et la grande veine car-

diaque. Il s'agit d'une structure difficile d'accès pour réaliser une ablation. Ces arythmies sont parfois idiopathiques mais le plus souvent associées à une cardiopathie sous-jacente [5].

2. TV du pilier mitral

Ces TV peuvent naître du pilier antéro-latéral ou postéro-médian. Elles peuvent être associées à une ballonnisation voire à un prolapsus valvulaire mitral. Il s'agit typiquement de patients d'âge moyen compris entre 50 et 60 ans, sans particularité de sexe. Leur mécanisme est le plus souvent une hyper-automatisme ou de post-dépolarisation tardive [6]. Elles sont parfois associées à un sur-risque de mort subite surtout chez des patients

symptomatiques avec lipothymie ou syncope. Leur localisation est souvent profonde à la base du pilier ou dans le pilier lui-même, rendant l'ablation parfois très difficile.

3. TV fasciculaire

Ces TV sur cœur sain ont un mécanisme spécifique de réentrée en empruntant un faisceau de conduction physiologique du VG : hémibranche antérieure ou postérieure de la branche gauche. La réentrée se fait en passant aussi vers du tissu myocardique de Purkinje, proche de ce faisceau, présentant une zone de conduction lente [3]. Il s'agit typiquement de patients jeunes avec une TV sensible au vérapamil (TV de Belhassen).

Caractéristiques électrocardiographiques des TV sur cœur sain

1. TV infundibulaire

D'une manière générale, la TV infundibulaire présente un QRS positif en D2, D3, VF (*fig. 2*). On utilise les dérivations précordiales pour localiser plus précisément la zone anatomique d'origine. Plus la TV proviendra d'une zone à gauche

et/ou postérieure de l'infundibulum, plus l'onde positive R initiale du QRS en V1 V2 durant la TV sera importante (*fig. 3*). De nombreux critères utilisant les ratios de l'onde R/S en V2 indexé au QRS sinusal, ou encore de l'onde S en V2 sur l'onde R en V3, ont été développés pour prédire une origine sous-aortique donc gauche. Un des critères les plus intéressants (puissance diagnostique très élevée), basé sur la relation antéro-postérieure des infundibulums, a mesuré

les ratios de l'onde R en V4 sur celle de l'électrode postérieure V8 (déplacement du V5). Plus le ratio est élevé (cut-off > 3) plus la TV est postérieure et donc gauche. Par ailleurs, les TV provenant du sommet VG ou des cusps aortiques sont épicardiques, rendant leur accès pour une éventuelle ablation parfois difficile [3].

Il existe de nombreux critères électrocardiographiques pour tenter de prédire l'origine épicardique des arythmies

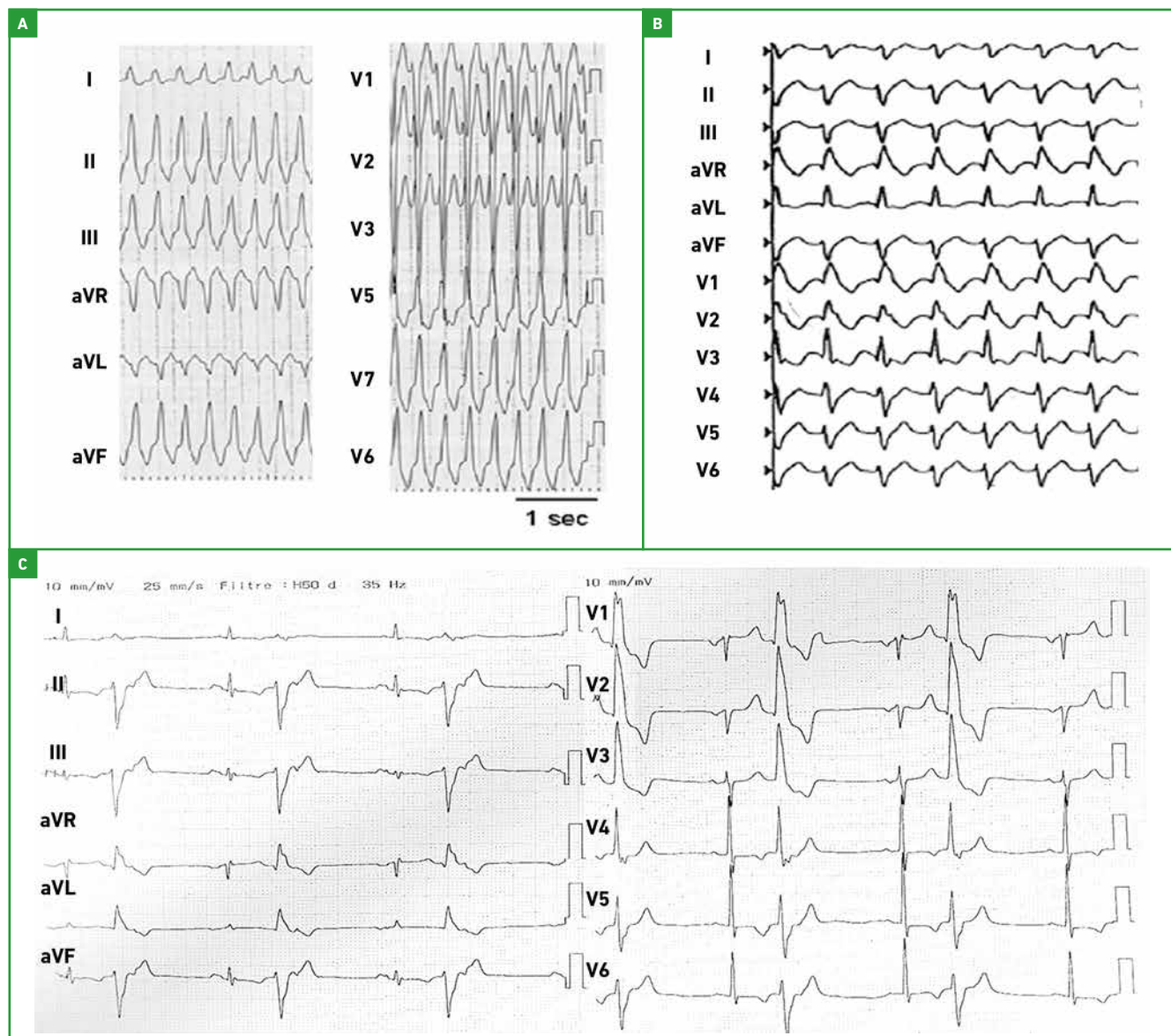


Fig. 2 : Exemples de tracés ECG de TV sur cœur sain. **A :** TV infundibulaire droite. **B :** TV fasciculaire provenant de l'hémibranche postérieure. **C :** ESV du pilier postérieur mitral.

Le dossier – Ablation des tachycardies ventriculaires

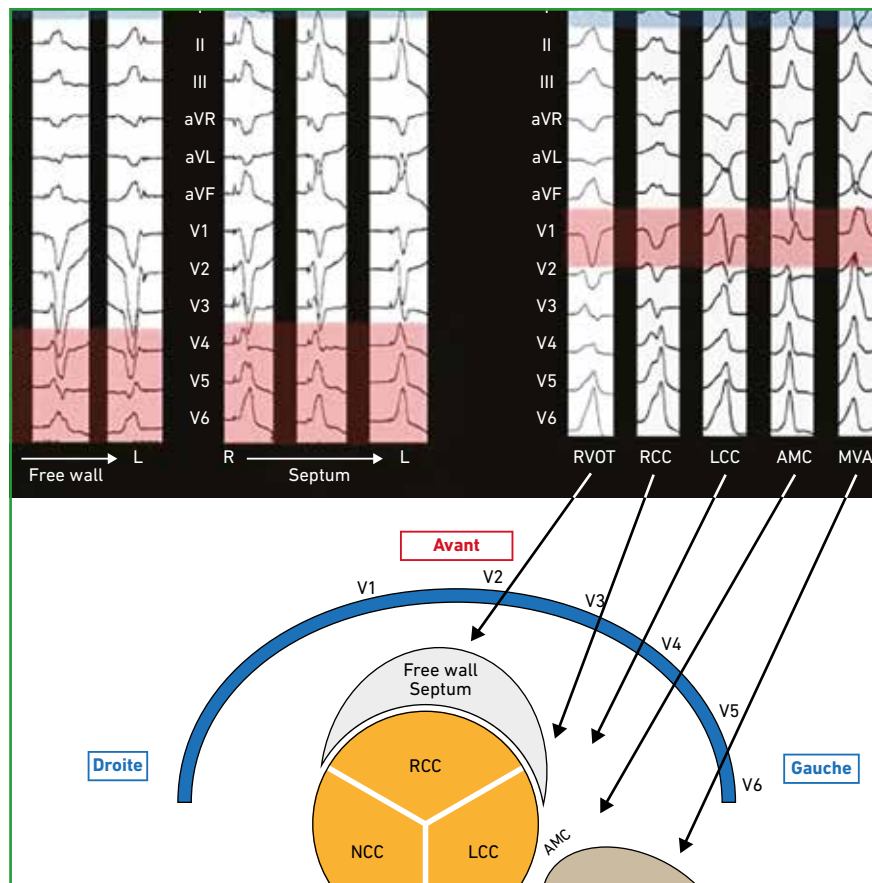


Fig. 3 : Figure montrant les modifications de l'ECG sur des TV infundibulaires en fonction de leur localisation anatomique. À noter que plus la TV proviendra de structure anatomique gauche plus l'onde R sera importante en V1. RCC : cusp coronaire droite ; LCC : cusp coronaire gauche ; NCC : cusp non coronaire ; AMC : jonction mitro-aortique MVA : anneau mitral antérieur ; free wall : paroi libre.

ventriculaires. Le plus simple est le MDI (*maximal deflection index*) qui correspond au rapport entre le début du QRS et le pic du QRS le plus précoce (positif ou négatif) des précordiales, rapporté à la largeur totale du QRS. Si ce rapport est $\geq 0,55$, il existe une forte suspicion d'une origine épicaudique. Les autres critères étudiés ont été la pseudo onde delta, le délai R-S le plus court des précordiales ou la largeur totale du QRS [7]. L'explication proposée pour expliquer le MDI, comme pour l'ensemble des critères développés, serait une propagation lente de la conduction initiale entre l'épicarde et l'endocarde (faible pente et durée importante de la première partie du QRS) où la dépolarisation rejoindrait alors l'activation électrique normale, notamment du réseau de Purkinje.

2. TV du pilier mitral

La TV du pilier postérieur est évoquée sur des QRS avec retard droit (aspect de BBD) en V1, transition V3-V4 et axe supérieur gauche (QRS négatif en D2, D3, VF) (fig. 2).

La TV du pilier antérieur (beaucoup plus rare) est évoquée sur des QRS avec retard droit en V1 et axe inférieur droit (négatif D1, VL).

3. TV fasciculaire

Les QRS sont souvent relativement fins (< 140 ms). En cas de TV fasciculaire postérieure, on observe des QRS avec retard droit en V1 et axe supérieur (négatif en D2, D3, VF) (fig. 2).

En cas de TV fasciculaire antérieure, on observe des QRS avec retard droit en V1 et axe droit (négatif en D1, VL).

Principes de l'ablation

Les techniques de cartographie sont celles de l'électrophysiologie générale pour la localisation de foyers. On pourra aussi mapper une ESV similaire à la morphologie de la TV :

- carte d'activation (le plus souvent avec un système de mapping en trois dimensions) pour rechercher la zone la plus précoce par rapport aux QRS de surface (typiquement au moins précession de 30 ms) (fig. 4) ;
- enregistrement unipolaire sur le QRS de la TV avec aspect QS ;
- si la TV est non soutenue, on utilise aussi la technique de topostimulation (ou pace-mapping) pour reproduire au plus près la morphologie de la TV : calcul par les systèmes informatiques du pourcentage de concordance entre la pacing et la morphologie de l'ESV. Au-delà de 90 %, on considère que la zone d'émergence de la TV est très proche.

Quelques spécificités sont à connaître :

● **Pour les TV du sommet du VG**, la zone d'origine est souvent profonde et il est possible d'ablater le foyer au fond du sinus coronaire (SC) (fig. 4), d'effectuer des tirs longs en face de la zone d'émergence, en augmentant la puissance du tir et parfois de tirer sur plusieurs zones anatomiques (infundibulum pulmonaire, cusp aortique en regard et fond du SC pour encadrer la zone d'origine du foyer), même s'il existe de mauvais critères électrophysiologiques. L'abord épicaudique direct est souvent décevant du fait de la proximité des artères coronaires, empêchant la réalisation de tirs d'ablation.

● **Pour les TV du pilier mitral** : l'ablation est souvent difficile du fait de la profondeur du foyer. Il est parfois nécessaire d'effectuer des tirs prolongés sur toutes les faces de la base du pilier, voire sur le

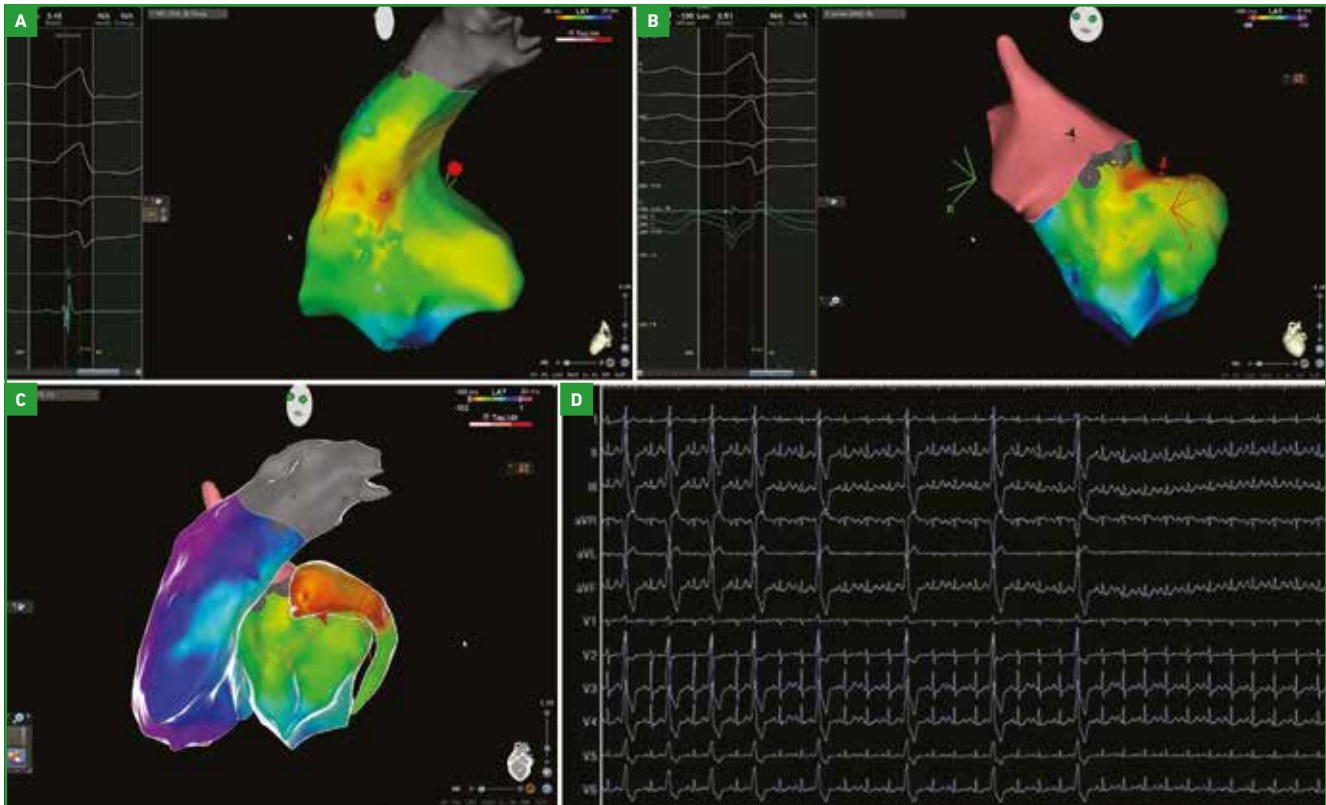


Fig. 4 : **Panel A :** carte d'activation. La primo-activation de la TV (ESV) dans l'infundibulum droit se fait en tache d'huile à partir de la portion postéro-septale. Le meilleur point affiché est une primo-dépolarisation en retard par rapport à l'ECG de surface. Il s'agit donc d'un très mauvais site pour l'ablation de cette ESV. Ce genre de carte évoque fortement une origine gauche. **Panel B :** carte dans les cusps gauches avec effectivement de bien meilleurs critères qu'à droite sur la portion antérieure. L'unipolaire est négative. Seulement la meilleure primo-dépolarisation est quasi concomitante de l'ECG de surface ce qui n'est pas un très bon critère. La TV (ESV) semble venir d'une structure plus antérieure dessinant une empreinte convexe sur la paroi. **Panel C :** carte complète avec l'ensemble des structures mappées soulignant la nette précocité dans le SC. Appréciez la proximité de l'ensemble de ces structures. Sans un mapping complet, la zone de primo-dépolarisation ne peut pas toujours être identifiée. Il est impératif de poursuivre la recherche tant que les critères ne sont pas entièrement satisfaisants. À noter que cela aide également à apprécier en 3D l'intime relation des différentes cavités ce qui peut être particulièrement utile pour encercler un foyer de TV profond en tirant depuis l'ensemble des structures à proximité ou en cherchant une zone pour réaliser un tir protégé. Le fond du sinus coronaire (Jonction JCV-AIV) est la structure la plus antérieure directement en regard. Le mapping y confirme effectivement une activation bien plus précoce (-30 ms) avec unipolaire négative. La topo-stimulation ("pacemapping") y est également quasi parfaite (95 %) alors qu'elle était mauvaise dans les autres localisations. **Panel D :** ablation dans le fond du SC avec disparition de l'ESV rapidement après le début du tir.

pilier lui-même. Cependant, cette zone est souvent instable, nécessitant l'utilisation d'une échocardiographie (intra-cardiaque ou ETO) pour bien visualiser le pilier et d'utiliser la cryothérapie pour améliorer la stabilité du contact pendant le tir [8].

● **Pour les TV fasciculaires :** sur le plan électrophysiologique, il est possible de repérer le potentiel de l'hémi-branché présystolique = P2 (souvent rétrograde) et/ou celui du tissu myocardique de Purkinje avec ralentissement de la conduction diastolique = P1 (souvent antérograde) [9]. Ces potentiels peuvent être enregistrés en rythme sinusal ou pendant la tachycardie (**fig. 5**).

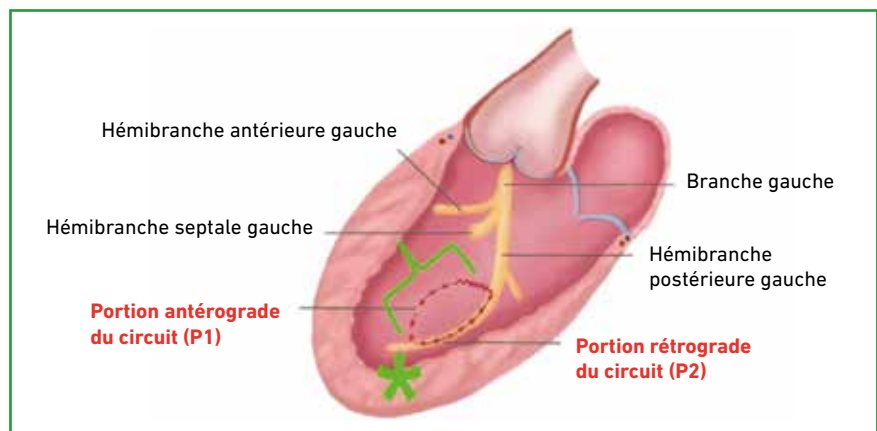


Fig. 5 : Schéma montrant le circuit d'une TV fasciculaire de l'hémi-branché postérieure avec descente le long de tissu de Purkinje en regard de l'hémi-branché (potentiel P1) et remontée par l'hémi-branché (P2). Ces potentiels peuvent être enregistrés en tachycardie ou en rythme sinusal.

Le dossier – Ablation des tachycardies ventriculaires

Résultats et complications

Le taux de succès de l'ablation des TV sur cœur sain va dépendre essentiellement de sa localisation anatomique. Plus le foyer sera difficile d'accès, plus le taux de succès sera faible. Pour les TV infundibulaires pulmonaires droites endocardiques, le taux de succès est très élevé > 95 %, comme pour les TV originaires des cusps aortiques et les TV fasciculaires [3, 10].

Pour les TV du sommet du VG ou du pilier mitral, le foyer étant souvent profond le taux de succès est plus faible, de l'ordre de 70 à 80 % [11, 12].

Les complications seront d'autant plus fréquentes que le foyer est profond et proche de structures anatomiques ou électriques importantes.

Les complications communes à toute ablation sont :

- locales : hématome, fistule artérioveineuse, faux anévrisme : 4 à 5 % ;
- complications liées à la voie d'abord : transseptale : tamponnade ou voie artérielle rétrograde : dissection aortique = 1 à 2 % ;
- pendant l'ablation : tamponnade, AVC (environ 1 à 2 %) ;
- décès très rare = < 1 % ;
- de manière spécifique en fonction de la localisation du foyer de TV : lésions coronariennes, perforation du sinus coronaire ou risque de BAV au cours de l'ablation du sommet du VG, lésions du pilier mitral avec risque d'insuffisance mitrale au cours de l'ablation de TV du pilier ou troubles conductifs (BBG ou hémibloc antérieur ou postérieur gauche) au cours de l'ablation de TV fasciculaire.

Conclusion

Depuis les dernières années de nombreuses améliorations ont été observées dans le diagnostic et le traitement ablatif des TV sur cœur sain. L'ECG joue un

rôle important pour avoir une idée de la localisation de la tachycardie mais les systèmes de cartographie haute définition utilisés actuellement permettent de localiser le foyer arythmogène avec une grande précision. Le taux de succès de l'ablation de ces TV est globalement élevé (environ 80 %) mais dépend essentiellement de la localisation du foyer arythmogène qui sera d'autant plus difficile à ablater qu'il sera profond et proche de structures anatomiques ou électriques importantes.

BIBLIOGRAPHIE

1. DRAGASIS S, VLACHOS K, FRONTERA A *et al.* Modern mapping and ablation of idiopathic outflow tract ventricular arrhythmias. *Rev Cardiovasc Med*, 2022;23:103.
2. LAVALLE C, MARIANI MV, PIRO A *et al.* Electrocardiographic features, mapping and ablation of idiopathic outflow tract ventricular arrhythmias. *J Interv Card Electrophysiol*, 2020;57:207-218.
3. DUKKIPATI SR, CHOUDRY S, KORUTH JS *et al.* Catheter Ablation of Ventricular Tachycardia in Structurally Normal Hearts: Indications, Strategies, and Outcomes-Part I. *J Am Coll Cardiol*, 2017;70:2909-2923.
4. OUYANG F, FOTUHI P, HO SY *et al.* Repetitive monomorphic ventricular tachycardia originating from the aortic sinus cusp: electrocardiographic characterization for guiding catheter ablation. *J Am Coll Cardiol*, 2002;39:500-508.
5. YAMADA T, DOPPALAPUDI H, LITOVSKY SH *et al.* Challenging radiofrequency catheter ablation of idiopathic ventricular arrhythmias originating from the left ventricular summit near the left main coronary artery. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2016;9:e004202.
6. MARIANI MV, PIRO A, MAGNOCAVALLO M *et al.* Catheter ablation for papillary muscle arrhythmias: A systematic review. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2022;45:519-531.
7. HAMON D, BLAYE-FELICE MS, BRADFIELD JS *et al.* A New Combined Parameter to Predict Premature Ventricular Complexes Induced Cardiomyopathy: Impact and Recognition of Epicardial Origin. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2016;27:709-717.
8. RIVERA S, RICAPITO MDE L, TOMAS L *et al.* Results of cryoenergy and radiofrequency-based catheter ablation for treating ventricular arrhythmias arising from the papillary muscles of the left ventricle, guided by intracardiac echocardiography and image integration. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2016;9:e003874.
9. NOGAMI A, NAITO S, TADA H *et al.* Demonstration of diastolic and pre-systolic Purkinje potentials as critical potentials in a macroreentry circuit of verapamil-sensitive idiopathic left ventricular tachycardia. *J Am Coll Cardiol*, 2000;36:811-23.
10. TAKEMOTO M, YOSHIMURA H, OHBA Y *et al.* Radiofrequency catheter ablation of premature ventricular complexes from right ventricular outflow tract improves left ventricular dilation and clinical status in patients without structural heart disease. *J Am Coll Cardiol*, 2005;45:1259-65.
11. JOHN RM, STEVENSON WG. Outflow Tract Premature Ventricular Contractions and Ventricular Tachycardia: The Typical and the Challenging. *Card Electrophysiol Clin*, 2016;8:545-54.
12. CHANG YT, LIN YJ, CHUNG FP *et al.* Ablation of ventricular arrhythmia originating at the papillary muscle using an automatic pace-mapping module. *Heart Rhythm*, 2016;13:1431-40.

L'auteur déclare ne pas avoir de liens d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.