



Université de Bourgogne
UFR des Sciences de Santé
Circonscription Médecine



ANNÉE 2024

N°

*Acute myocardial infarction related to coronary artery embolism :
A systematic cardiac and cerebral magnetic resonance imaging study*

Infarctus du myocarde lié à une embolie coronaire :
Étude systématique par imagerie par résonance magnétique cardiaque et
cérébrale

THÈSE

Présentée

à l'UFR des Sciences de Santé de Dijon
Circonscription Médecine

et soutenue publiquement le 25 Avril 2024

pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

Par Julie PASTIER – DEBEAUMARCHÉ
Née le 30 décembre 1994
À REIMS

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à la disposition de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur.

Ceci implique une obligation de citation et de référencement dans la rédaction de vos travaux.

D'autre part, toutes contrefaçons, plagiat, reproductions illicites encourrent une poursuite pénale.

De juridiction constante, en s'appropriant tout ou partie d'une œuvre pour l'intégrer dans son propre document, l'étudiant se rend coupable d'un délit de contrefaçon (au sens de l'article L.335.1 et suivants du code de la propriété intellectuelle). Ce délit est dès lors constitutif d'une fraude pouvant donner lieu à des poursuites pénales conformément à la loi du 23 décembre 1901 dite de répression des fraudes dans les examens et concours publics.

ANNÉE 2024

N°

*Acute myocardial infarction related to coronary artery embolism :
A systematic cardiac and cerebral magnetic resonance imaging study*

Infarctus du myocarde lié à une embolie coronaire :
Étude systématique par imagerie par résonance magnétique cardiaque et
cérébrale

THÈSE

Présentée

à l'UFR des Sciences de Santé de Dijon
Circonscription Médecine

et soutenue publiquement le 25 Avril 2024

pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

Par Julie PASTIER – DEBEAUMARCHÉ
Née le 30 décembre 1994
À REIMS

Année Universitaire 2023-2024
au 1^{er} **Septembre 2023**

Doyen :
Asseurs :

M. Marc MAYNADIÉ
M. Pablo ORTEGA-DEBALLON
Mme Laurence DUVILLARD

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

			Discipline
M.	Jean-Louis	ALBERINI	Biophysiques et médecine nucléaire
M.	Sylvain	AUDIA	Médecine interne
M.	Marc	BARDOU	Pharmacologie clinique
M.	Jean-Noël	BASTIE	Hématologie - transfusion
M.	Emmanuel	BAULOT	Chirurgie orthopédique et traumatologie
M.	Christophe	BEDANE	Dermato-vénérologie
M.	Yannick	BEJOT	Neurologie
M.	Moncef	BERHOUMA	Neurochirurgie
Mme	Christine	BINQUET	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
M.	Mathieu	BLOT	Maladies infectieuses
M.	Philippe	BONNIAUD	Pneumologie
M.	Alain	BONNIN	Parasitologie et mycologie
M.	Bernard	BONNOTTE	Immunologie
M.	Olivier	BOUCHOT	Chirurgie cardiovasculaire et thoracique
M.	Belaid	BOUHEMAD	Anesthésiologie - réanimation chirurgicale
M.	Benjamin	BOUILLET	Endocrinologie
M.	Alexis	BOZORG-GRAYELI	Oto-Rhino-Laryngologie
Mme	Marie-Claude	BRINDISI	Nutrition
M.	Alain	BRON	Ophthalmologie
Mme	Mary	CALLANAN (WILSON)	Hématologie type biologique
M.	Patrick	CALLIER	Génétique
Mme	Catherine	CHAMARD-NEUWIRTH	Bactériologie - virologie; hygiène hospitalière
M.	Pierre-Emmanuel	CHARLES	Réanimation
M.	Jean-Christophe	CHAUVET-GELINIER	Psychiatrie d'adultes, Addictologie
M.	Nicolas	CHEYNEL	Anatomie
M.	Alexandre	COCHET	Biophysique et médecine nucléaire
M.	Luc	CORMIER	Urologie
M.	Yves	COTTIN	Cardiologie
M.	Charles	COUTANT	Gynécologie-obstétrique
Mme	Catherine	CREUZOT-GARCHER	Ophthalmologie
M.	Frédéric	DALLE	Parasitologie et mycologie
M.	Alexis	DE ROUGEMONT	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
M.	Hervé	DEVILLIERS	Médecine interne
Mme	Laurence	DUVILLARD	Biochimie et biologie moléculaire
M.	Olivier	FACY	Chirurgie générale
Mme	Laurence	FAIVRE-OLIVIER	Génétique médicale
Mme	Patricia	FAUQUE	Biologie et Médecine du Développement
Mme	Irène	FRANCOIS-PURSSELL	Médecine légale et droit de la santé
Mme	Marjolaine	GEORGES	Pneumologie
M.	François	GHIRINGHELLI	Cancérologie
M.	Charles	GUENANCIA	Physiologie
M.	Pierre Grégoire	GUINOT	Anesthésiologie – réanimation chirurgicale
M.	Frédéric	HUET	Pédiatrie
Mme	Agnès	JACQUIN	Physiologie
M.	Pierre	JOUANNY	Gériatrie

M.	Philippe	KADHEL	Gynécologie-obstétrique
M.	Sylvain	LADOIRE	Histologie
M.	Gabriel	LAURENT	Cardiologie
M.	Côme	LEPAGE	Hépatogastroentérologie
M.	Romarc	LOFFROY	Radiologie et imagerie médicale
M.	Luc	LORGIS	Cardiologie
M.	Jean-François	MAILLEFERT	Rhumatologie
M.	Cyriaque Patrick	MANCKOUNDIA	Gériatrie
M.	Sylvain	MANFREDI	Hépatogastroentérologie
M.	Laurent	MARTIN	Anatomie et cytologie pathologiques
M.	Pierre	MARTZ	Chirurgie orthopédique et traumatologie
M.	David	MASSON	Biochimie et biologie moléculaire
M.	Marc	MAYNADIÉ	Hématologie – transfusion
M.	Marco	MIDULLA	Radiologie et imagerie médicale
M.	Thibault	MOREAU	Neurologie
Mme	Christiane	MOUSSON	Néphrologie
M.	Paul	ORNETTI	Rhumatologie
M.	Pablo	ORTEGA-DEBALLON	Chirurgie Générale
M.	Pierre Benoit	PAGES	Chirurgie thoracique et vasculaire
M.	Jean-Michel	PETIT	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
M.	Christophe	PHILIPPE	Génétique
(Disponibilité du 01/06/2023 au 31/05/2024)			
M.	Lionel	PIROTH	Maladies infectieuses
Mme	Catherine	QUANTIN	Biostatistiques, informatique médicale
M.	Jean-Pierre	QUENOT	Réanimation
M.	Patrick	RAT	Chirurgie générale
M.	Patrick	RAY	Médecine d'urgence
M.	Jean-Michel	REBIBOU	Néphrologie
M.	Frédéric	RICOLFI	Radiologie et imagerie médicale
M.	Maxime	SAMSON	Médecine interne
M.	Emmanuel	SIMON	Gynécologie-obstétrique
M.	Éric	STEINMETZ	Chirurgie vasculaire
Mme	Christel	THAUVIN	Génétique
M.	Benoit	TROJAK	Psychiatrie d'adultes ; addictologie
M.	Gilles	TRUC	Oncologie-Radiothérapie
M.	Pierre	VABRES	Dermato-vénéréologie
(Mission temporaire à Londres du 01/09/2023 au 31/08/2025)			
M.	Bruno	VERGÈS	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
M.	Narcisse	ZWETYENGA	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie

PROFESSEURS EMERITES

M.	Laurent	BEDENNE	(01/09/2021 au 31/08/2024)
M.	Laurent	BRONDEL	(01/09/2021 au 31/08/2024)
M.	François	BRUNOTTE	(01/09/2020 au 31/08/2023)
M.	Pascal	CHAVANET	(01/09/2021 au 31/08/2024)
M.	Jean	CUISENIER	(01/09/2021 au 31/08/2024)
M.	Jean-Pierre	DIDIER	(01/11/2021 au 31/10/2024)
Mme	Monique	DUMAS	(01/06/2022 au 31/05/2025)
M.	Serge	DOUVIER	(15/12/2020 au 14/12/2023)
M.	Maurice	GIROUD	(01/09/2022 au 31/12/2025)
M.	Patrick	HILLON	(01/09/2022 au 31/08/2025)
M.	Paul	SAGOT	(02/11/2022 au 31/10/2025)

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES PRATICIENS HOSPITALIERS DES DISCIPLINES MEDICALES

			Discipline Universitaire
Mme	Lucie	AMOUREUX BOYER	Bactériologie
Mme	Julie	BARBERET	Biologie et médecine du développement et de la reproduction- gynécologie médicale
Mme	Louise	BASMACIYAN	Parasitologie-mycologie
Mme	Shaliha	BECHOUA	Biologie et médecine du développement
M.	Guillaume	BELTRAMO	Pneumologie
Mme	Marie-Lorraine	CHRETIEN	Hématologie (Disponibilité du 17/04/2023 au 16/04/2024)
Mme	Vanessa	COTTET	Nutrition
M.	Damien	DENIMAL	Biochimie et biologie moléculaire
M.	Valentin	DERANGERE	Histologie
M.	Jean-David	FUMET	Cancérologie radiothérapie
Mme	Ségolène	GAMBERT	Biochimie et biologie moléculaire
Mme	Françoise	GOIRAND	Pharmacologie fondamentale
M.	David	GUILLIER	Anatomie, chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique, brulologie
M.	Alain	LALANDE	Biophysique et médecine nucléaire
Mme	Stéphanie	LEMAIRE-EWING	Biochimie et biologie moléculaire
Mme	Anne-Sophie	MARIET	Biostatistiques, informatique médicale
M.	Thomas	MOUILLOT	Physiologie
M.	Maxime	NGUYEN	Anesthésie réanimation
M.	Alain	PUTOT	Gériatrie (Disponibilité pour convenances personnelles)
Mme	Claire	TINEL	Néphrologie
M.	Antonio	VITOBELLO	Génétique
M.	Paul-Mickaël	WALKER	Biophysique et médecine nucléaire

PROFESSEUR ASSOCIE DES DISCIPLINES MEDICALES

M.	Ludwig Serge	AHO GLELE	Hygiène hospitalière
M.	Victorin	AHOSSI	Odontologie
M.	Jacques	BEURAIN	Neurochirurgie
M.	Jean-Michel	PINOIT	Pédopsychiatrie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

Mme	Katia	MAZALOVIC	Médecine Générale
Mme	Claire	ZABAWA	Médecine Générale

PROFESSEURS ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE

M.	Clément	CHARRA	Médecine Générale
M.	Arnaud	GOUGET	Médecine Générale
M.	François	MORLON	Médecine Générale
M.	Rémi	DURAND	Médecine Générale
Mme	Anne	COMBERNOUX-WALDNER	Médecine Générale

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE

M.	Jérôme	BEAUGRAND	Médecine Générale
M.	Benoit	DAUTRICHE	Médecine Générale

M.	Alexandre	DELESVAUX	Médecine Générale
M.	Olivier	MAIZIERES	Médecine Générale
Mme	Ludivine	ROSSIN	Médecine Générale

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme	Anaïs	CARNET	Anglais
Mme	Catherine	LEJEUNE	Pôle Epidémiologie

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Mme	Marianne	ZELLER	Physiologie
-----	----------	---------------	-------------

PROFESSEURS AGREGES de L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE

Mme	Marceline	EVRARD	Anglais
Mme	Lucie	MAILLARD	Anglais

PROFESSEUR CERTIFIE

M.	Philippe	DE LA GRANGE	Anglais
----	----------	---------------------	---------

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS DES DISCIPLINES PHARMACEUTIQUES

M.	Mathieu	BOULIN	Pharmacie clinique
M.	François	GIRODON	Sciences biologiques, fondamentales et cliniques
Mme	Evelyne	KOHLI	Immunologie
M.	Antonin	SCHMITT	Pharmacologie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES PRATICIENS HOSPITALIERS DES DISCIPLINES PHARMACEUTIQUES

Mme	Amélie	CRANSAC	Pharmacie clinique
M.	Philippe	FAGNONI	Pharmacie clinique
M.	Marc	SAUTOUR	Botanique et cryptogamie

L'UFR des Sciences de Santé de Dijon, Circonscription Médecine, déclare que les opinions émises dans les thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend ne leur donner ni approbation, ni improbation.

COMPOSITION DU JURY

Président :

Professeur Yves COTTIN – Service de Cardiologie – CHU DIJON

Membres :

Professeur Alexandre COCHET – Service de Médecine nucléaire – CGFL

Docteur Mélanie JEANMICHEL – Service de Médecine nucléaire – CGFL

Docteur Romain DIDIER – Service de Cardiologie – CHU DIJON

SERMENT D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admis(e) à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions.

J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité.

Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis(e) dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu(e) à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré(e) et méprisé(e) si j'y manque.

REMERCIEMENTS

Au Président du jury et Directeur de thèse, Monsieur le Professeur COTTIN : Merci de m'avoir fait confiance pour réaliser ce travail avec vous et de l'avoir mené jusqu'à la publication. Merci aussi pour votre accompagnement durant ces années d'internat. Sans vous l'internat de cardiologie à Dijon n'aurait pas la même saveur et je garderai toujours en mémoire ces visites à l'USIC du mardi et du jeudi comme des parenthèses drôles, exigeantes et rigoureuses, et parfois ponctuées d'idées lecture inspirées par les patients.

À Monsieur le Professeur COCHET. Je suis touchée et reconnaissante de vous compter dans mon jury de thèse. Merci d'avoir accepté cette invitation. L'imagerie est une discipline fascinante et surtout indispensable à notre spécialité.

À Madame le Docteur Mélanie JEANMICHEL. Ma chère Mélanie, tu es de ces personnes précieuses à avoir dans son entourage, autant sur le plan personnel que professionnel. Merci pour le bel honneur que tu me fais de participer à ce jour très important pour moi et surtout d'apporter ton avis d'experte en imagerie cardiaque à ce travail.

À Monsieur le Docteur Romain DIDIER. Romain, ta présence dans ce jury était une évidence et je te remercie de tout cœur d'avoir accepté. Depuis que tu es interne, ta bienveillance et ta pédagogie m'ont toujours touchée. Tu partages tes connaissances et tes compétences précieuses et incarnes un superbe exemple pour nous tous.

À Hugo, mon amour. C'est avec beaucoup d'émotion et tellement de fierté que je revois notre parcours médical à tous les deux, l'un à la suite de l'autre et aussi main dans la main. Depuis le début de ces longues études tu m'as soutenue, conseillée, épaulée, rassurée, motivée (je repense à la chanson de Rocky que tu me passais en boucle la veille de l'ECN) et inspirée par ton bon sens et ton pragmatisme. Tu as été un vrai modèle pendant cet internat et j'ai beaucoup appris et continue d'apprendre avec toi.

Mais avant tout, merci mon amour pour cette vie si heureuse que l'on construit chaque jour ensemble. Tu es un amoureux formidable, un mari aimant et un papa plus qu'exceptionnel pour Thomas. Je ne pouvais pas rêver meilleur binôme dans la vie pour traverser les moments heureux comme les épreuves. Tu es extraordinaire et je t'aime de tout mon cœur.

À mon Thomas, mon petit cœur chéri. Difficile de trouver des mots assez forts pour dire à quel point je t'aime et je suis fière de toi. Tu n'as eu de cesse de nous impressionner par ta force et ton courage dès tes toutes premières minutes de vie. Tu grandis chaque jour et c'est un émerveillement quotidien de te voir t'éveiller au monde, de profiter de ton sourire si doux du matin au soir et d'être tout simplement ta maman. Tu es notre rayon de soleil à Papa et moi et on t'aime plus que tout.

À maman, Pierre-Yves et Héloïse, mes trois piliers.

Maman, ça serait trop long de dire ce que tu sais déjà mais si je suis là à réciter ce serment d'Hippocrate dont je rêve depuis mes 8 ans, c'est grâce à toi, ton amour et ton soutien inconditionnels depuis le début. Tes coachings avant les concours et examens (et ton pull porte-bonheur), tes encouragements permanents sont à l'origine de ma réussite. De te rendre fière a été et reste un de mes plus grands moteurs dans la vie. Tu es un modèle de force et de résilience. Je t'aime mamounette, merci pour TOUT.

Pi et pucette, mon frère et ma sœur chéris. J'ai tellement de chance d'être votre grande sœur, vous m'apportez tellement et j'ai tellement besoin de vous dans ma vie. Pi, tu es un frère exceptionnel avec de très grandes et très belles qualités. Tu mérites tout le bonheur du monde et je sais que tu y arriveras ! Loulou, notre rayon de soleil à tous, du haut de tes quelques centimètres, c'est toi qui nous apprend la vie et éclaire notre quotidien. Je ne sais pas si tu te rends compte à quel point tu es une personne incroyable à tous les niveaux. Je vous aime !

À toute ma famille. Papy et Mamie, vous qui avez toujours cru en chacun de nous et qui nous aimez sans condition, merci d'avoir créé ce cadre familial si structurant et heureux. **Bernard, Françoise, Didier et Christine, mes cousins et cousines adorés,** merci pour tous ces beaux moments passés et ceux à venir. Avoir une famille comme la nôtre est une chance.

À **ma belle-famille. Patricia et Alain**, merci pour votre bienveillance, votre gentillesse, votre soutien et votre amour. Merci à **Papy André et Mamie Suzanne**, vous qui avez toujours suivi avec passion et intérêt mon parcours. Merci **Camille, Emma, Christophe**, et mes supers-neveux **Lucas, Clément et Aurélien**. Je suis très fière de faire partie de votre famille.

À **mes co-internes de cardiologie**. Merci pour ces belles années passées et à venir à vos côtés, merci pour la bonne ambiance quotidienne qui rend les journées plus belles.

Claire, merci pour tous ces moments passés ensemble à la fois à l'hôpital mais aussi à l'extérieur, pour ces heures d'écoute et de confidences mutuelles sur les petits et grands maux du quotidien. Je te souhaite le meilleur avec ton chéri et suis très heureuse de te voir épanouie.

Caroline, merci d'être toi, si solaire et rayonnante. Quel bonheur de te connaître ! Tous les moments passés ensemble sont si agréables et faciles.

Valentin, mon super binôme d'USIC et de réa, merci pour ton humour, ta bonne humeur à toute épreuve et ton efficacité impressionnante. Tu as toujours été attentionné et protecteur avec moi et ta joie de vivre est extrêmement agréable au quotidien.

Antoine R., je regrette que l'on n'ait pas vécu plus de semestres en commun, mais le peu de moments passés ensemble était de grande qualité !

Clotilde, mon doudou de l'USIC, sans toi j'aurai perdu encore plus de points de vie pendant ce semestre. Merci d'avoir été là !

Arthur, Antoine M, Pierre, Antoine L, Ahmed, Ranny, je suis heureuse d'avoir évolué avec vous, et dans la bonne humeur pendant ces années d'internat. Je vous souhaite sincèrement à tous le meilleur.

Olivier, tu fais partie des très belles rencontres de l'internat et j'espère que cette amitié durera longtemps ; **Mathieu**, à notre semestre au CCR qui a commencé par une tentative de crochetage de serrure ratée ; **Chan**, merci d'être toi, si unique et agréable au travail comme à l'extérieur ; **Calixte**, je suis très contente d'avoir appris à te connaître pendant ce semestre de cardio-technique ; ma chère **Marlène**, nos petites discussions sont très précieuses à mes yeux et j'espère en avoir encore beaucoup d'autres avec toi ; à **Alexandre, Benjamin, Adrien, Joseph, Camille, Antoine, Léo**, et aux plus jeunes semestres, je vous souhaite le meilleur et de vous épanouir dans cette belle spécialité qu'est la cardiologie.

À **mes co-internes de réanimation cardiovasculaire, Claire, Vincenza, Quentin, Adrian, José, Moundji, Corentin**. Quel super semestre à vos côtés ! Merci pour tout ce que vous m'avez appris, merci pour votre bonne humeur permanente et votre amitié (et à toutes ces parties endiablées d'Agar.io et ces litres de café dans notre petit bureau !).

À mes amis de l'externat de Paris-Ouest, Téodor, Héléna, Guillaume, Manon, Alice. Même loin, sachez que je vous garde toujours dans mon cœur et que je n'oublie pas tous les moments incroyables passés avec vous.

À mes amis Dijonnais.

Ma **Imane** chérie, notre amitié m'est si chère, tu es l'esprit le plus brillant que je connaisse et j'ai énormément d'admiration pour la belle personne que tu es et pour ton parcours.

Ma **Ségolène**, merci pour tous ces beaux moments passés et à venir toutes les deux depuis ce stage d'ORL (qui n'aura eu d'utile que notre rencontre).

Ma belle **Élise**, je te souhaite tout le bonheur du monde avec ton futur mari, tu le mérites tellement !

Pauline, merci pour ces soirées mémorables chez toi ou en boîte. C'est toujours super sympa de te retrouver.

Aymeric et tous les autres, merci de m'avoir accueillie et intégrée quand je suis arrivée dans cette belle région et de m'y être fait sentie comme chez-moi !

À l'équipe de la RSCPA : **Manu** (notre imitateur préféré), **Imane** et **Marie-Élise** et à nos soirées sous-colles hilarantes qui nous ont fait tenir jusqu'à l'ECN.

Aux **super-mamans et papas de néonate** et leurs **super-bébés** : Le plus grand cadeau après celui d'avoir récupéré notre petit Thomas en bonne santé, c'est celui d'avoir croisé votre route les filles ! Je suis sûre et certaine que notre amitié durera toute la vie !

Aux **chefs de cardiologie** sur qui je peux compter depuis le début de mon internat. Merci beaucoup pour votre soutien et pour toutes les connaissances que vous m'avez transmises. J'ai vraiment passé un internat agréable à vos côtés.

Régine, Aurélie, Guillaume, Xavier, merci du fond du cœur pour ce premier semestre. Grâce à vous j'ai découvert la cardiologie dans les meilleures conditions possibles. Merci pour votre bienveillance et votre gentillesse que je n'oublierai jamais. J'ai hâte de revenir travailler avec vous !

Géraldine, je te remercie pour plein de choses et notamment parce que j'ai beaucoup appris à tes côtés. Depuis mes premiers semestres en secteur jusqu'aux mardis après-midis de consultation, tu as veillé à transmettre avec bienveillance et pédagogie tes connaissances en rythmologie en agrémentant tout cela de bons conseils de recettes et de jardinage.

Audrey, merci pour ton soutien si précieux, tu nous as toujours encouragés et su être à l'écoute quand il le fallait. Je te souhaite tout le bonheur du monde avec ton petit bébé !

Priyanka et **Benjamin**. C'est tellement agréable de travailler avec des personnes comme vous ! C'est toujours un plaisir de passer du temps avec vous pour parler cardiologie, voyages, bébés, projets !

Thibaut et **Carole**, merci pour vos enseignements et votre gentillesse à tous les deux. Vous avez toujours été présents même dans les moments critiques, et je vous en remercie du fond du cœur.

Thibault, merci pour tes avis culinaires et cinématographiques du mercredi matin (et aussi pour tes enseignements d'échographie d'effort entre deux discussions passionnantes).

Merci **Marie** pour ta si grande gentillesse et aussi de prendre soin du cœur de ma petite mamie chérie !

Merci **Frédéric, Isabelle, Gabriel, Charles, Fabien, Jean-Christophe** pour vos bons enseignements, vos avis, les petits déjeuners rythmo du mardi matin, les staff échographie du vendredi, et toutes les choses que vous avez mises en place pour rendre notre internat si riche et formateur.

Enfin, merci à toutes les équipes avec qui j'ai toujours eu plaisir à travailler : **Emmanuelle, Christelle, Aurore, Cindy** à Beaune ; **Nadia, Manon, Karine, Najat, Anabelle** au C2 ; **Anne et Pascale** au CCR ; **Aouatif, Valérie, Clémence, Nicolas, Maria, Marion, Séverine, Maxime**, les équipes de nuit ... toute l'équipe de l'USIC ; les chefs de réaCCV, **Audrey, Tiberiu, Mohamed, Professeur Guinot, Vivien, Sandrine, Bastien, Valérian** ; l'équipe de cardio-technique **Camille, Nicolas, Catherine, Céline, Florence, Evelyne** et les autres.

Merci aussi à toutes celles et ceux que j'oublie.

Et merci à tous ceux qui ne sont plus là mais qui sont dans nos cœurs et veillent sur nous depuis « la pièce d'à côté ».

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES TABLEAUX	14
TABLE DES FIGURES	15
SIGLES ET ABRÉVIATIONS.....	16
I. INTRODUCTION (FRANÇAIS)	17
II. INTRODUCTION	18
III. PATIENTS AND METHODS.....	21
a. Study population.....	21
b. Cardiac MRI acquisition protocol and acute MI definition	22
c. Brain MRI	24
d. Statistical analysis	24
IV. RESULTS.....	25
a. Patient characteristics	25
b. Cardiac MRI.....	28
V. DISCUSSION	28
a. CAE and coronary angiography.....	32
b. Cardiac MRI.....	33
c. Simultaneous cardiocerebral embolization	33
d. Coronary and brain reperfusion strategy.....	35
e. Limitations	35
VI. CONCLUSIONS.....	36
VII. BIBLIOGRAPHIE.....	37

TABLE DES TABLEAUX

Table 1 : Proposed criteria for the clinical diagnosis of CAE according to Shibata et al..	20
Table 2 : Baseline characteristics of patients with ACS related to CAE, overall and according to the presence of stroke.....	29
Table 3 : Baseline characteristics of patients with ACS related to CAE, according to presence of AF.....	30
Table 4 : Location of strokes.....	31
Table 5 : Cardiac MRI parameters.....	31

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Flow chart	22
Figure 2 : Coronary angiography.....	25
Figure 3 : Cardiac MRI delayed enhanced imaging	27
Figure 4 : Axial MRI of the brain through the centrum ovale	27

SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ACS : acute coronary syndrome

AF : atrial fibrillation

AVC : Accident vasculaire cérébral

CAE : coronary artery embolism

EC : Embole coronaire

FA : Fibrillation atriale

FISP : fast imaging with steady-state free precession

FOV : field of view

Gd-DOTA : gadolinium-tetraazacyclododecanetetraacetic acid

IDM : Infarctus du myocarde

IRM : Imagerie par résonance magnétique

LAAt : left atrial appendage thrombus

LGE : late gadolinium enhanced

LV : left ventricular/ventricle

LVEF : left ventricular ejection fraction

MI : myocardial infarction

MRI : magnetic resonance imaging

NSTEMI : non-ST-segment elevation myocardial infarction

PSIR : phase-sensitive inversion recovery

RICO : obseRvatoire des Infarctus de Côte-d'Or

STEMI : ST-segment elevation myocardial infarction

SWI : susceptibility weighted imaging

T2GE : T2-weighted gradient echo

T2-TIRM : T2-weighted turbo inversion recovery magnitude

TE : echo time

TR : repetition time

*Acute myocardial infarction related to coronary artery embolism :
A systematic cardiac and cerebral magnetic resonance imaging study*

**Infarctus du myocarde lié à une embolie coronaire :
Étude systématique par imagerie par résonance magnétique cardiaque et
cérébrale**

I. INTRODUCTION (FRANÇAIS)

L'embolie coronarienne (EC) est une entité mal décrite comme cause d'infarctus aigu du myocarde (IDM) et le diagnostic d'EC reste difficile malgré les outils diagnostics à disposition, basés sur des critères angiographiques et cliniques ([Tableau 1](#)) [1,2]. Dans une étude rétrospective, publiée en 2015, qui a inclus 1776 patients atteints d'IM aigu, 2,9 % étaient liés à une EC (principalement causée par la fibrillation atriale [FA]) [2].

En l'absence de lésions coronariennes à la coronarographie, l'imagerie par résonance magnétique cardiaque (IRM) avec injection de gadolinium et une analyse de séquence de rehaussement tardif peuvent être utilisées pour obtenir un diagnostic d'IDM. L'IRM cardiaque permet également d'identifier la présence d'autres sites d'embolisation en accord avec les critères de Shibata, ce qui souligne l'importance d'évaluer des critères concomitants à plusieurs sites (e.g. myocarde et cerveau) ([Tableau 1](#)) [2,3].

À notre connaissance, aucune étude n'a été publiée sur le retentissement myocardique des EC évalués par IRM. De plus, le concept d'infarctus cardio-cérébral, qui est considéré comme un événement rare au cours duquel des emboles provoquent simultanément un accident vasculaire cérébral embolique aigu et un IDM lié à un EC, n'a pas été étudié en

profondeur, bien qu'il ait été décrit dans quelques rapports de cas [4]. Dans ces rapports de cas, la localisation des embolies cardiaques et cérébrales était basée sur la coexistence de signes d'AVC ischémique et de signes cliniques ou électrocardiographiques d'IDM, qui ont conduit à une coronarographie en urgence. Un article récent suggère que l'embolisation cardio-cérébrale simultanée est relativement fréquente chez les patients ayant subi un AVC embolique lié à une FA diagnostiquée antérieurement, avec une proportion de 35 % [5].

Chez les patients atteints de syndromes coronariens aigus (SCA) (IDM avec élévation du segment ST [STEMI] et non-STEMI [NSTEMI]) liés à une EC, les objectifs de notre étude prospective monocentrique étaient de : (1) caractériser les atteintes myocardiques des EC à l'aide de l'IRM et (2) Évaluer la proportion d'infarctus cardio-cérébraux et caractériser les lésions cérébrales associées à une double embolie à l'aide de l'IRM.

II. INTRODUCTION

Coronary artery embolism (CAE) has not been well described as a cause of acute myocardial infarction (MI), and the diagnosis of CAE remains difficult despite a proposed diagnostic tool based on angiographic and clinical criteria ([Table 1](#)) [1,2]. In a retrospective study, published in 2015, which included 1776 patients with acute MI, 2.9% were related to CAE (mainly caused by atrial fibrillation [AF]) [2].

In the absence of coronary lesions on coronary angiography, cardiac magnetic resonance imaging (MRI) with gadolinium injection and a late enhancement sequence analysis can be used to obtain a diagnosis of MI. Cardiac MRI analysis also helps to identify the presence

of other embolization sites in agreement with the Shibata criteria, which underline the importance of evaluating concomitant criteria at several sites (e.g. myocardium and brain) ([Table 1](#)) [2,3].

To our knowledge, no study has been published on the myocardial impact of CAE evaluated by MRI. In addition, the concept of cardiocerebral infarction, which is considered a rare event during which emboli concomitantly cause acute embolic stroke and CAE-related MI, has not been thoroughly investigated, although it has been described in a few case reports [4]. In these case reports, the localization of cardiac and cerebral embolisms was based on the co-occurrence of signs of ischaemic stroke and clinical or electrocardiographic signs of MI, which led to emergency coronary angiography. A recent paper suggested that simultaneous cardiocerebral embolization is relatively common in patients with embolic stroke related to previously diagnosed AF, with a proportion of 35% [5].

In patients with acute coronary syndromes (ACS) (ST-segment elevation MI [STEMI] and non-STEMI [NSTEMI]) related to CAE, the goals of our prospective single-centre study were to : (1) Characterize CAE-related myocardial injury using MRI and (2) Assess the proportion of cardiocerebral infarction and to characterize brain injuries associated with dual embolism using MRI.

Table 1 : Proposed criteria for the clinical diagnosis of CAE according to Shibata et al. [2].

Definite CAE	<ul style="list-style-type: none"> • ≥ 2 major criteria or • 1 major criterion plus ≥ 2 minor criteria or • 3 minor criteria
Probable CAE	<ul style="list-style-type: none"> • 1 major criterion plus 1 minor criterion or • 2 minor criteria
Major criteria	<ul style="list-style-type: none"> • Angiographic evidence of CAE and thrombosis without atherosclerotic components • Concomitant coronary artery embolization at multiple sites ^a • Concomitant systemic embolization without LV thrombus attributable to acute MI
Minor criteria	<ul style="list-style-type: none"> • $< 25\%$ stenosis on coronary angiography, except for the culprit lesion • Evidence of an embolic source based on transthoracic echocardiography, transoesophageal echocardiography, computed tomography or MRI • Presence of embolic risk factors: AF, cardiomyopathy, rheumatic valve disease, prosthetic heart valve, patent foramen ovale, atrial septal defect, history of cardiac surgery, infective endocarditis, or hypercoagulable state

AF : atrial fibrillation; CAE : coronary artery embolism; LV : left ventricular; MI : myocardial infarction; MRI : magnetic resonance imaging.

^a : Indicates multiple vessels within one coronary artery territory or multiple vessels in the coronary tree.

III. PATIENTS AND METHODS

a. Study population

This prospective study was conducted using data from the observatoire des Infarctus de Côte-d'Or (RICO; Côte d'Or Myocardial Infarction Observatory) database [6]. RICO is an ongoing survey that has included all consecutive patients aged ≥ 18 years-old hospitalized for acute MI in a coronary care unit in any of the public or privately funded hospitals receiving MI emergencies in the region of Côte-d'Or (France) since 2001. In each hospital, MI was identified by an increase in serum troponin I (above the upper limit of the normal range) and clinical symptoms of ischaemia and/or characteristic electrocardiographic signs. For the current study, patients hospitalized for acute MI at the Dijon University Hospital who underwent coronary angiography between January 2019 and June 2021 were included. Acute MI was defined according to the current universal definition [7]. The case definition of definite and probable CAE used in this study consisted of major and minor criteria according to Shibata et al. [2] ([Table 1](#)). Informed consent was obtained for each patient prior to inclusion in the study. The study protocol was authorized by the Ethics Committee of the Dijon University Hospital.

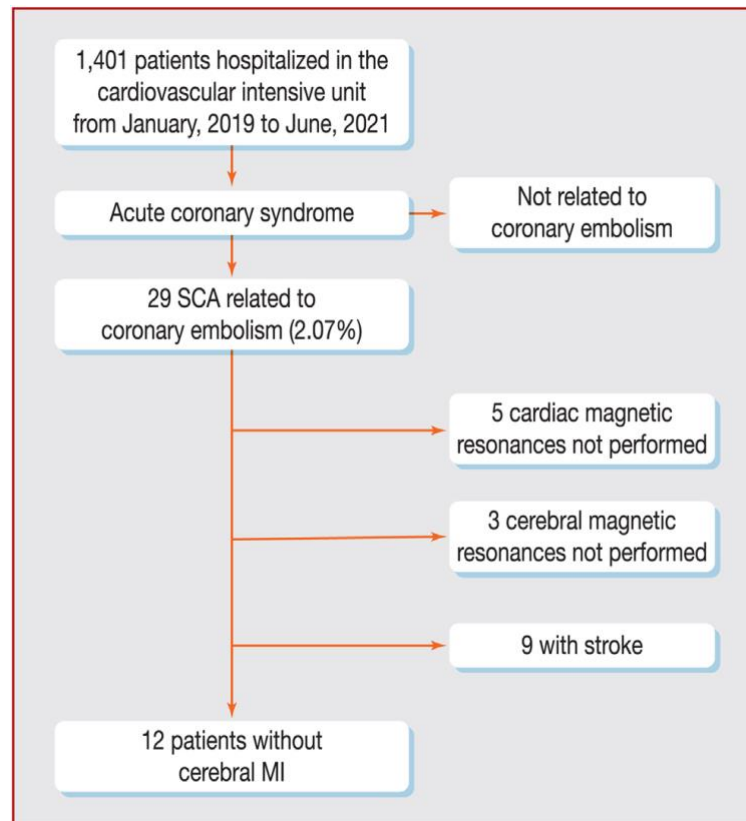


Figure 1 : Flow chart. ACS : Acute coronary syndromes; CAE : Coronary artery embolism; MI : Myocardial infarction; MRI : Magnetic resonance imaging.

b. Cardiac MRI acquisition protocol and acute MI definition

Included patients underwent cardiac MRI within 7 days of acute embolic stroke and 3 ± 5 days after admission. Cardiac MRI was performed on a 1.5-T Magnet (Siemens Area, Siemens Medical Solutions, Germany) using a phased-array thoracic coil. The patient was placed in the supine position and images were acquired under cardiac gating. Cardiac MRI images were acquired in the 4-chamber, 2-chamber and 3-chamber planes and in the short-axis orientation.

To evaluate left ventricular (LV) function, cine-cardiac MRI was performed using a breath-hold, electrocardiogram-gated true fast imaging with steady-state free precession (FISP)

sequence (repetition time/echo time [TR/TE]: 3.7/1.6 ms, flip angle: 65°, field of view [FOV] : 350 × 420 mm², acquisition matrix : 192 × 256 to 244 × 256). A series of short-axis slices (thickness : 5 mm, interslice gap : 10 mm) covered the LV from the base of the heart to the apex. T2-weighted turbo inversion recovery magnitude (T2-TIRM) sequences were acquired on the long-axis plane and then on the short-axis plane [8,9]. Late gadolinium-enhanced (LGE) images were acquired 10 minutes after a bolus injection of 0.1 mmol/kg gadolinium-tetraazacyclododecane tetraacetic acid (Gd-DOTA) into a brachial vein. A segmented T1-weighted phase-sensitive inversion recovery (PSIR) sequence was used and the image planes were the same as those for the cine-MRI (thickness of 5 mm with an interslice gap of 10 mm). Short-axis slices and then horizontal and vertical long-axis slices were also obtained (sequence parameters : TR/TE : 7.3/3.4 ms, flip angle: 15°, FOV : 350 × 420 mm², acquisition matrix : 192 × 240). The end-diastolic phase was chosen to set the acquisition window. The extent of myocardial involvement was quantified using a simplified visual quantitative score of LGE with the 17-segment LV division of the American Heart Association [8]. Segments with LGE were scored according to the number of quartiles involved (1–25%, 26–50%, 51–75% and 76–100%). Cardiac MRI results were finally expressed as the percentage of LV myocardium involved calculated by adding the 17 segment scores : LGE extent = n % LV = (addition of 17 segment scores / 68) × 100. Each case was also classified according to the predominant location of LGE: infero-lateral, antero-septo-apical or diffuse [9-11].

Acute MI was defined by the presence of a myocardial T2 hypersignal greater in extent than the contrast enhancement obtained after injection of gadolinium in the PSIR sequence. MI sequelae were defined by the presence of a T2 myocardial hypersignal less than or equal in

extent than the contrast enhancement obtained after injection of gadolinium in the PSIR sequence.

Cardiac MRI were interpreted independently by two investigators in cardiac cross-sectional imaging. Interpretations were performed without knowledge of clinical status and with a systematic review.

c. Brain MRI

Each included patient underwent a brain MRI within 7 days of admission to the cardiac intensive care unit for acute MI. Patients underwent an MRI using either the 3-T MRI system (SKYRASIEMENS) (60%) or the 1.5-T MRI system (SKYRA SIEMENS) (40%). All patients had T2-weighted gradient echo (T2GE) and susceptibility weighted imaging (SWI) scans. The acquisition of these sequences did not require the injection of a contrast agent, thus avoiding possible allergic reactions and allowing us to include patients with kidney failure. For the T2GE, slice thickness was 4 mm, TR/TE were 887/18.9 ms and 800/19.9 ms for 1.5 T and 3 T MRI respectively. For The SWI, slice thickness was 2.5 mm and 2 mm for 1.5 T and 3 T MRI respectively, TR/TE were 47/39.3 ms and 27/20 ms for 1.5 T and 3 T MRI, respectively [12].

d. Statistical analysis

Based on the definition of CAE, patients were classified into two groups : (1) ACS without stroke and (2) ACS with stroke. As our study is descriptive, no statistical analysis is presented due to the small number of participants.

IV. RESULTS

During the study period, 1401 patients with MI were hospitalized in the cardiovascular unit at the Dijon Bourgogne University Hospital. Of these patients, 29 had an ACS related to CAE (2.1%) ([Figs. 1](#) and [2](#)). Among the 29 patients, 21 underwent both cardiac and brain MRIs ([Figs. 3](#) and [4](#)).

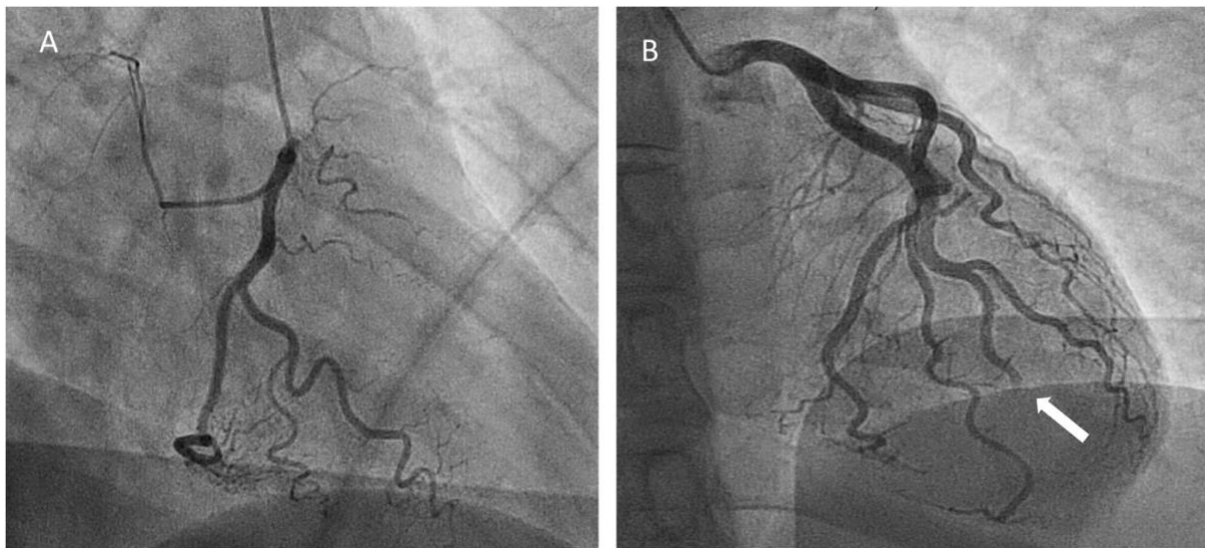


Figure 2 : Coronary angiography showing A. No abnormality in the right coronary artery and B. distal occlusion of the left circumflex branch (white arrow).

a. Patient characteristics

[Table 2](#) shows the patient characteristics at admission. Mean age was 68 years and 38% were female. Many patients had dyslipidaemia (52%) or hypertension (48%). Of the 21 patients, 9 (43%) had an ischaemic stroke. AF was the leading cause of CAE in 14 patients (67%), including 3 patients with known AF (1 treated with a vitamin K antagonist and 2 treated with a direct-acting oral anticoagulant) and 11 cases with new-onset AF. Other causes of CAE were fibroelastoma (n = 1) and thoracic aorta thrombus (n = 1), but five patients (24%) had no

identifiable cause. According to the Shibata classification [2], 86% of patients had a definite CAE and 14% a probable CAE; 100% of patients with stroke had a definite CAE.

At coronary angiography, CAE was identified in 29 patients and multiple CAEs were observed in 7 patients (33%). 4 patients (19%) had left atrial appendage thrombus (LAAt), 2 were found by cardiac computed tomography and 2 by transoesophageal echocardiogram. It should be noted that 0 of the 12 patients without a stroke presented LAAt, whereas 4 of the 9 patients with a stroke (44%) did ([Table 2](#)). Only one patient had a thrombus in the ascending aorta and an acute ischaemic stroke. None of the patients in our cohort presented with a left intraventricular thrombus.

AF was the leading cause of CAE, and [Table 3](#) summarizes the baseline characteristics of patients with ACS related to CAE according to the presence or absence of AF.

Most acute ischaemic strokes were localized in the superficial sylvian territory (78% among those with stroke) and only two patients with stroke (22%) had stroke sequelae ([Table 4](#); [Fig. 4](#)). However, brain MRI revealed ischaemic stroke sequelae in only 10% of the total population.

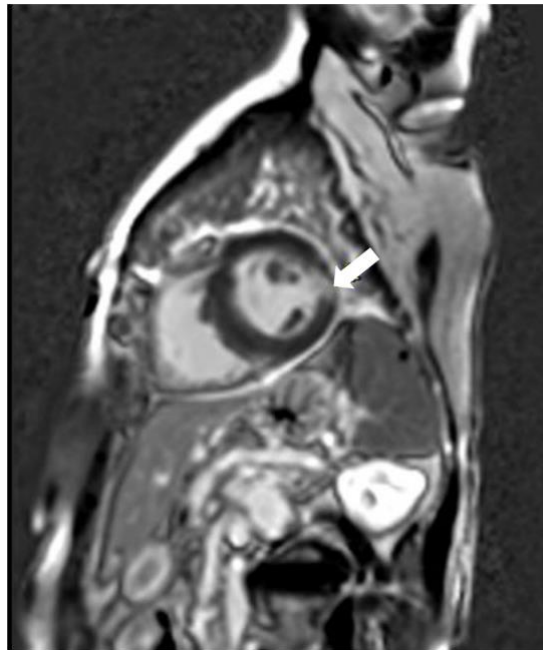


Figure 3 : Cardiac MRI delayed enhanced imaging showing the presence of subendocardial MI of the inferolateromedian to inferodistal (white arrow). MRI : Magnetic resonance imaging; MI : Myocardial infarction.

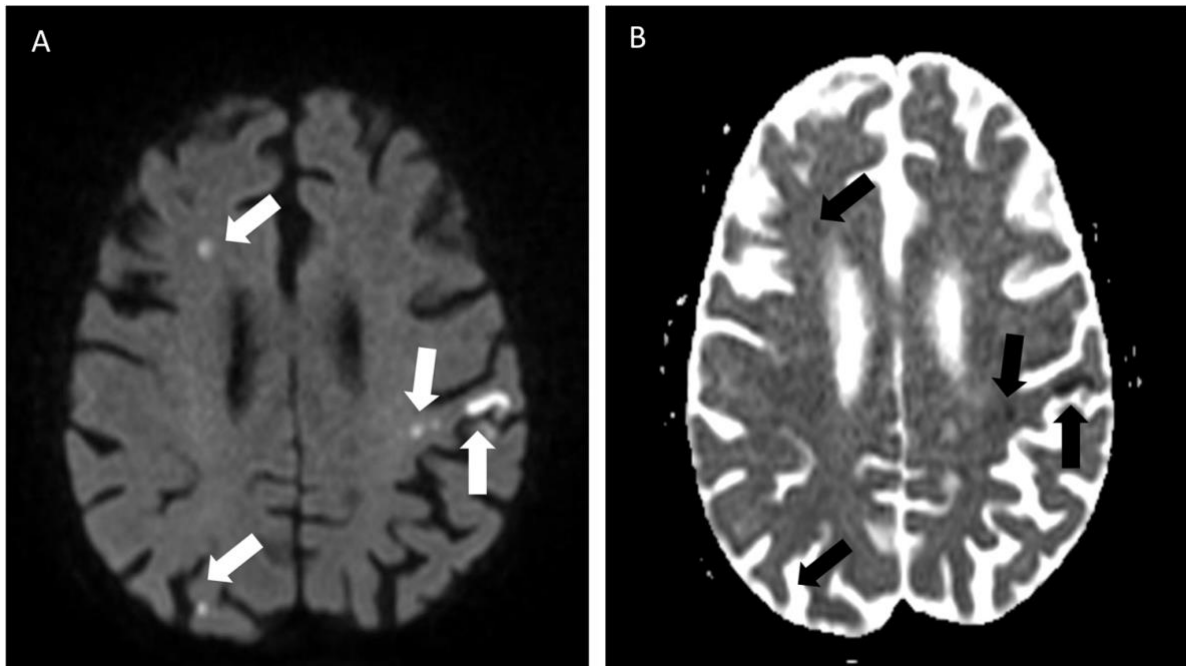


Figure 4 : Axial MRI of the brain through the centrum ovale. A. Diffusion-weighted MRI and B. ADC map showing age-diverse multiple distal punctiform ischaemic lesions of presumed cardioembolic origin (white and black arrows). ADC : Apparent diffusion

b. Cardiac MRI

The cardiac MRI results are shown in [Table 5](#). Regarding the extent of the myocardial infarcts, overall, there was a median of three segments, but there was a larger maximum among those with vs. without stroke (11 vs. 6) ([Table 5](#)). 4 patients had multiple CAE at MRI, in addition to the 7 with multiple CAE found at coronary angiography. Median LV ejection fraction (LVEF) was 38% overall, and 43% and 31% for patients without and with stroke, respectively ([Table 5](#)).

V. DISCUSSION

In this prospective, observational study conducted in patients with acute CAE-associated MI, we demonstrated that : (1) myocardial infarct sizes were average, with a median of three segments; (2) the frequency of simultaneous cardiac and cerebral embolism according to the Shibata criteria ([Table 2](#)) was high (9/21 patients; 43%) and (3) AF was the leading cause of CAE.

Table 2 : Baseline characteristics of patients with ACS related to CAE, overall and according to the presence of stroke.

	Total population (n = 21)	ACS stroke (n = 12)	without ACS stroke (n = 9)
Female	8 (38)	5 (42)	3 (33)
Age (years)	68 (40–85)	72 (51–85)	63 (40–84)
Risk factors			
Diabetes	5 (24)	1 (8)	4 (44)
Current smoker	6 (29)	3 (25)	3 (33)
Hypertension	10 (48)	6 (50)	4 (44)
Dyslipidaemia	11 (52)	7 (58)	4 (44)
Cardiovascular heredity	6 (29)	4 (33)	2 (22)
Body mass index (kg/m ²)	26 (14–32)	27 (23–32)	25 (14–30)
AF			
History of AF	3 (14)	1 (8)	2 (22)
Newly diagnosed AF	11 (52)	8 (67)	3 (33)
Type of CAE*			
Definite	18 (86)	9 (75)	9 (100)
Probable	3 (14)	3 (25)	0 (0)
Cardiac injury parameters			
STEMI	12 (57)	7 (58)	5 (56)
CAE*	17 (81)	9 (75)	8 (89)
Multiple CAEs*	7 (33)	5 (42)	2 (22)
Involved vessel(s)*			
Left main trunk	2 (10)	2 (17)	0 (0)
Left anterior artery	10 (48)	6 (50)	4 (44)
Left circumflex artery	9 (43)	4 (33)	5 (56)
Right coronary artery	3 (14)	3 (25)	0 (0)
Thrombus in the ascending aorta*	1 (5)	0 (0)	1 (11)
Left atrial appendage thrombus*	4 (19)	0 (0)	4 (44)

Data are expressed as number (%) or median (interquartile range).

* On coronary angiography

ACS : acute coronary syndromes; AF : atrial fibrillation; CAE : coronary artery embolism; STEMI : ST-segment elevation myocardial infarction.

Table 3 : Baseline characteristics of patients with ACS related to CAE, according to presence of AF.

	Total population (n = 21)	ACS with AF (n = 13)	ACS without AF (n = 8)
Female	8 (38)	5 (38)	3 (38)
Age (years)	68 (40-85)	75 (55-85)	54 (40-79)
Risk factors			
Diabetes	5 (24)	3 (23)	2 (25)
Current smoker	6 (29)	3 (23)	3 (38)
Hypertension	10 (48)	8 (62)	2 (25)
Dyslipidaemia	11 (52)	9 (69)	2 (25)
Cardiovascular heredity	6 (29)	4 (31)	2 (25)
Body mass index (kg/m ²)	26 (14–32)	27 (14–32)	25 (23–31)
AF			
History of AF	3 (14)	3 (21)	0 (0)
Newly diagnosed AF	11 (52)	11 (79)	0 (0)
Type of CAE*			
Definite	18 (86)	10 (77)	8 (100)
Probable	3 (14)	3 (23)	0 (0)
Cardiac injury parameters			
STEMI	12 (57)	8 (57)	4 (57)
CAE*	17 (81)	11 (79)	6 (86)
Multiple CAEs*	7 (33)	4 (29)	3 (43)
Thrombus in the ascending aorta*	1 (5)	0 (0)	1 (14)
Left atrial appendage thrombus*	4 (19)	3 (21)	1 (14)

Data are expressed as number (%) or median (interquartile range).

* On coronary angiography

ACS : acute coronary syndromes; AF : atrial fibrillation; CAE : coronary artery embolism; STEMI : ST-segment elevation myocardial infarction.

Table 4 : Location of strokes.

Brain lesion location	Total population (n = 21)	ACS without stroke (n = 12)	ACS with stroke (n = 9)
Superficial sylvian	7 (33)	–	7 (78)
Deep sylvian	2 (10)	–	2 (22)
Sylvian total	1 (5)	–	1 (11)
Frontal	1 (5)	–	1 (11)
Occipital	2 (10)	–	2 (22)
Cerebellar	0 (0)	–	0 (0)
Multiple	5 (24)	–	5 (56)
In favour of an embolic aetiology	7 (33)	–	7 (78)
Acute embolic stroke	7 (33)	–	7 (78)
Stroke sequelae	2 (10)	–	2 (22)
Clinical acute embolic stroke	3 (14)	–	3 (33)

Data are expressed as number (%).

ACS : acute coronary syndromes.

Table 5 : Cardiac MRI parameters.

	Total population (n = 21)	ACS without stroke (n = 12)	ACS with stroke (n = 9)
LVEF (%)	38 (14–65)	43 (24–59)	31 (14–65)
End systolic volume (mL/m ²)	160 (81–287)	124 (81–176)	215 (171–287)
End diastolic volume (mL/m ²)	103 (47–244)	70 (47–114)	153 (61–244)
Number of segments	3 (0–11)	3 (1–6)	3 (0–11)
Multiple CAEs	11 (52)	7 (58)	4 (44)

Data are expressed as median (interquartile range) or number (%). ACS: acute coronary syndromes; LVEF: left ventricular ejection fraction; MRI: magnetic resonance imaging.

a. CAE and coronary angiography

There are few studies on CAE in the literature, most of which are based only on angiographic data [2,13–19]. For example, the Shibata cohort demonstrated a homogeneous distribution of CAE over the three coronary arteries, and 15% of patients had multiple CAE in different territories [2]. However, a recent review of clinical cases with CAE highlighted that the right coronary artery or the circumflex coronary artery was affected in 8/15 clinical cases, and is thus mainly responsible for lower MI [18]. Our study is in agreement with the literature, with 33% of patients having multiple CAE by coronary angiography and distal embolisms.

The underlying causes of CAE are multifactorial, and the literature has reported different causes according to angiographic or autopsy data. Contemporary data published by Shibata et al. and Popovic et al. demonstrated that the most frequent cause of CAE was AF, found in 73% and 34% of cases, respectively [2,18]. In our cohort, AF was the underlying cause of CAE in 67% of patients. In addition, CAE had no identifiable cause in 24% of cases, which is in agreement with the literature [18]. An original aspect of our work is the systematic search for an atrial thrombus, which was found in 19% of patients. In the literature, a systematic search for LAAt has been carried out in patients with acute ischaemic stroke [20]. The authors highlighted that the 11% of patients who presented LAAt were mainly women (71%), and they were likely to have had previous AF (63%) and stroke (32%). On the other hand, only a few clinical cases describe CAE related to LAAt, and most are autopsy based [19].

CAE are probably underestimated for three major reasons : (1) the disappearance of visible CAE following treatment for ACS (anticoagulation with or without thrombolysis); (2) in the case of NSTEMI (which accounted for 43% of our population), coronary angiography is

generally not done on admission but within 24—48 hours, during which time patients are treated with anticoagulant and antiplatelet medications [20—24] and (3) distal embolisms limit the usefulness of coronary imaging [2,18].

b. Cardiac MRI

Our cardiac MRI and CAE data can be compared to a single published clinical case published by Hashimoto et al. in 2014, in which an 84-year-old patient was hospitalized with right hemiparesis associated with ST-segment elevation on electrocardiogram [25]. Coronary angiography revealed multiple thrombi in the interventricular coronary artery and left circumflex artery, which were treated by thrombectomy and curative anticoagulation. The interest of this article is that cardiac MRI was performed on the 18th day, revealing multiple areas of MI on the anterior, apical and lateral walls [25]. In our cardiac MRI analyses, MI was more frequently observed on the latero-apical and infero-latero-median segments and was average, with a median of three segments involved. These data confirm that the CAE tended to be multiple and distal in nature. It should be noted that the multiple localization of CAE was highlighted in 33% of cases on coronary angiography and in 52% of cases on cardiac MRI.

c. Simultaneous cardiocerebral embolization

In the retrospective study by Shibata et al., which included 1776 patients who presented with MI, the aetiology was identified as one or more CAE(s) on coronary angiography in 52 patients; 15% of these patients also presented a cerebral embolic localization [2]. In another study, from Popovic et al., which included 1232 consecutive patients who presented an ACS

with ST-segment elevation, the authors identified 53 patients who met the criteria for CAE, among whom only nine patients (17%) presented with extracardiac embolism [18].

The higher proportion of 43% with ischaemic stroke observed in the current study could be explained by : (1) our inclusion of CAE only according to the Shibata criteria (concomitant systemic embolization) and therefore, in relation to AF, there were 17 cases (81%) in which angiography confirmed with certainty the diagnosis of CAE; (2) the inclusion criteria in the studies by Shibata et al. [2] and Popovic et al. [18] were symptomatic MI without a systematic search for ischaemic stroke and (3) our systematic use of brain MRI, the reference method in the diagnosis of stroke with a sensitivity close to 100%.

In addition, in the study by Shibata et al. [2] and the clinical cases of “cardiocerebral infarction” in the literature, patients are described as presenting with signs of cerebrovascular stroke [2,16,26–34]. Therefore, the clinical presentation and electrocardiographic signs led to an emergency coronary angiography. The most recent case, published in 2019, describes a 73-year-old patient with newly-diagnosed AF who presented with ischaemic stroke by occlusion of the proximal left middle cerebral artery [16]. During hospitalization, the patient presented with STEMI and underwent an emergency coronary angiography, revealing an acute thromboembolic-like occlusion of the circumflex artery. A long thrombus was also identified in the middle portion of the right coronary artery. In our study, only three cases of symptomatic stroke with ACS were detected. In addition, in these three cases, it was NSTEMI, and coronary angiography was performed within 24 hours. This result is in agreement with the largest series so far, published in 2022 by Uddin et al. [17], which included all 641,762 patients from an American national database who presented with STEMI. The authors identified 5205 strokes

(0.8%) and 470 transient ischaemic attacks (0.1%), which made up 0.9% of the study population [17].

d. Coronary and brain reperfusion strategy

Due to the rarity of the cardiocerebral infarction syndrome, no recommendations have been published to date. Nonetheless, a recent work published in *Frontiers in Neurology* [35] outlined a management algorithm based on : (1) the patient's haemodynamic status and the presence of STEMI signs on electrocardiogram; (2) the indication for cerebral thrombectomy and (3) damage to the right insular cortex.

e. Limitations

As we recruited patients in a single centre, only 21 patients were included. Thus, the limited power of our study did not allow us to establish significant risk factors for cerebral and cardiac embolic injury. CAE are probably underestimated because they are difficult to diagnose, and it should also be emphasized that we restricted our analysis to patients who underwent both cardiac and brain MRI. Finally, the recruitment of this series was carried out in intensive care in patients with initial symptoms of ACS, although it has been established that the initial symptoms were neurological in most cases.


THÈSE SOUTENUE PAR Mme Julie PASTIER-DEBEAUMARCHÉ

VI. CONCLUSIONS

Les infarctus du myocarde liés à un embolie coronaire étaient de taille moyenne mais de localisation multiple. L'étude systématique des IRM cérébrales a révélé que 33 % des cas étaient associés à un AVC ischémique, et le plus fréquemment asymptomatique. Des études approfondies sont nécessaires pour mieux caractériser la physiopathologie, l'évolution clinique et la valeur pronostique des embolies coronaires. De plus, la stratégie optimale de leur prise en charge reste à déterminer.


Le Président du jury,

Pr. S. GOTTI



17 mars 2024

Vu et permis d'imprimer
Dijon, le 14 Mars 2024
Le Doyen



Pr. M. MAYNADIÉ

VII. BIBLIOGRAPHIE

- [1] Hartikainen TS, Sorensen NA, Haller PM, Gossling A, Lehmacher J, Zeller T, et al. Clinical application of the 4th Universal Definition of Myocardial Infarction. *Eur Heart J* 2020;41:2209-16.
- [2] Shibata T, Kawakami S, Noguchi T, Tanaka T, Asaumi Y, Kanaya T, et al. Prevalence, Clinical Features, and Prognosis of Acute Myocardial Infarction Attributable to Coronary Artery Embolism. *Circulation* 2015;132:241-50.
- [3] Dastidar AG, Baritussio A, De Garate E, Drobni Z, Biglino G, Singhal P, et al. Prognostic Role of CMR and Conventional Risk Factors in Myocardial Infarction With Nonobstructed Coronary Arteries. *JACC Cardiovasc Imaging* 2019;12:1973-82.
- [4] Mione V, Yao H, Laurent G, Zeller M, Fauchier L, Cottin Y. Simultaneous cardiocerebral embolization in patients with atrial fibrillation. *Arch Cardiovasc Dis* 2020;113:821-7.
- [5] Artus A, Didier R, Blain M, Comby P, Leclercq T, Debeaumarche H, et al. Detection of Myocardial Infarction by Cardiac Magnetic Resonance in Embolic Stroke Related to First Diagnosed Atrial Fibrillation. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2021;30:105753.
- [6] Beer JC, Dentan G, Janin-Magnificat L, Zeller M, Laurent Y, Ravisy J, et al. [Beneficial effects of direct call to Emergency Medical Services on time delays and management of patients with acute myocardial infarction. The RICO (obseRvatoire des Infarctus de Cote-d'Or) data]. *Ann Cardiol Angeiol (Paris)* 2002;51:8-14.
- [7] Thygesen K, Alpert JS, Jaffe AS, Chaitman BR, Bax JJ, Morrow DA, et al. Fourth universal definition of myocardial infarction (2018). *Eur Heart J* 2019;40:237-69.
- [8] Cochet AA, Lorgis L, Lalande A, Zeller M, Beer JC, Walker PM, et al. Major prognostic impact of persistent microvascular obstruction as assessed by contrast-enhanced cardiac magnetic resonance in reperfused acute myocardial infarction. *Eur Radiol* 2009;19:2117-26.
- [9] Huttin O, Mandry D, Eschalier R, Zhang L, Micard E, Odille F, et al. Cardiac remodeling following reperfused acute myocardial infarction is linked to the concomitant evolution of vascular function as assessed by cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson* 2017;19:2.
- [10] Friedrich MG, Sechtem U, Schulz-Menger J, Holmvang G, Alakija P, Cooper LT, et al. Cardiovascular magnetic resonance in myocarditis: A JACC White Paper. *J Am Coll Cardiol* 2009;53:1475-87.
- [11] Abdel-Aty H, Boye P, Zagrosek A, Wassmuth R, Kumar A, Messroghli D, et al. Diagnostic performance of cardiovascular magnetic resonance in patients with suspected acute myocarditis: comparison of different approaches. *J Am Coll Cardiol* 2005;45:1815-22.

- [12] Adams HP, Jr., Bendixen BH, Kappelle LJ, Biller J, Love BB, Gordon DL, et al. Classification of subtype of acute ischemic stroke. Definitions for use in a multicenter clinical trial. TOAST. Trial of Org 10172 in Acute Stroke Treatment. *Stroke* 1993;24:35-41.
- [13] Assomull RG, Lyne JC, Keenan N, Gulati A, Bunce NH, Davies SW, et al. The role of cardiovascular magnetic resonance in patients presenting with chest pain, raised troponin, and unobstructed coronary arteries. *Eur Heart J* 2007;28:1242-9.
- [14] Comte A, Lalande A, Walker PM, Cochet A, Legrand L, Cottin Y, et al. Visual estimation of the global myocardial extent of hyperenhancement on delayed contrast-enhanced MRI. *Eur Radiol* 2004;14:2182-7.
- [15] Rioufol G, Zeller M, Dentan G, Laurent Y, L'Huillier I, Ravisy J, et al. Predictors and prognosis for complex coronary lesions in patients with acute myocardial infarction: data from RICO survey. *Am Heart J* 2007;154:330-5.
- [16] Abe S, Tanaka K, Yamagami H, Sonoda K, Hayashi H, Yoneda S, et al. Simultaneous cardio-cerebral embolization associated with atrial fibrillation: a case report. *BMC Neurol* 2019;19:152.
- [17] Uddin M, Mir T, Khalil A, Mehar A, Gomez-Pineiro E, Babu MA, et al. ST-Elevation Myocardial Infarction Outcomes: A United States Nationwide Emergency Departments Cohort Study. *J Emerg Med* 2022;62:306-15.
- [18] Popovic B, Agrinier N, Bouchahda N, Pinelli S, Maigrat CH, Metzdorf PA, et al. Coronary Embolism Among ST-Segment-Elevation Myocardial Infarction Patients: Mechanisms and Management. *Circ Cardiovasc Interv* 2018;11:e005587.
- [19] McCarthy S, Garland J, Wong CX, Tse R. Coronary artery thromboembolism from left appendage mural thrombus- a rare complication from atrial fibrillation. *Forensic Sci Med Pathol* 2021;17:522-5.
- [20] Bernard A, Leclercq T, Comby PO, Duloquin G, Ricolfi F, Bejot Y, et al. High rate of cardiac thrombus diagnosed by adding cardiac imaging in acute stroke computed tomography protocol. *Int J Stroke* 2021;16:692-700.
- [21] Kerr G, Ray G, Wu O, Stott DJ, Langhorne P. Elevated troponin after stroke: a systematic review. *Cerebrovasc Dis* 2009;28:220-6.
- [22] Yaghi S, Chang AD, Ricci BA, Jayaraman MV, McTaggart RA, Hemendinger M, et al. Early Elevated Troponin Levels After Ischemic Stroke Suggests a Cardioembolic Source. *Stroke* 2018;49:121-6.
- [23] Barber M, Morton JJ, Macfarlane PW, Barlow N, Roditi G, Stott DJ. Elevated troponin levels are associated with sympathoadrenal activation in acute ischaemic stroke. *Cerebrovasc Dis* 2007;23:260-6.
- [24] Nours FMA, Budde RPJ, van Dijkman ED, Musters PJ, Nieman K, Galema TW. Prognostic Value of Subclinical Coronary Artery Disease in Atrial Fibrillation Patients Identified by Coronary Computed Tomography Angiography. *Am J Cardiol* 2020;126:16-22.

- [25] Hashimoto O, Sato K, Numasawa Y, Hosokawa J, Endo M. Simultaneous onset of myocardial infarction and ischemic stroke in a patient with atrial fibrillation: multiple territory injury revealed on angiography and magnetic resonance. *Int J Cardiol* 2014;172:e338-40.
- [26] Daoud H, Abugroun A, Erramilli S, Kumar S. Acute Coronary Syndrome (ACS) due to Coronary Artery Embolism in a Patient with Atrial Fibrillation. *Case Rep Cardiol* 2019;2019:9347198.
- [27] Pierik R, Algra A, van Dijk E, Erasmus ME, van Gelder IC, Koudstaal PJ, et al. Distribution of Cardioembolic Stroke: A Cohort Study. *Cerebrovasc Dis* 2020;49:97-104.
- [28] Kolodgie FD, Virmani R, Finn AV, Romero ME. Embolic Myocardial Infarction as a Consequence of Atrial Fibrillation: A Prevailing Disease of the Future. *Circulation* 2015;132:223-6.
- [29] Chlapoutakis GN, Kafkas NV, Katsanos SM, Kiriakou LG, Floros GV, Mpampalis DK. Acute myocardial infarction and transient ischemic attack in a patient with lone atrial fibrillation and normal coronary arteries. *Int J Cardiol* 2010;139:e1-4.
- [30] Kim HL, Seo JB, Chung WY, Zo JH, Kim MA, Kim SH. Simultaneously Presented Acute Ischemic Stroke and Non-ST Elevation Myocardial Infarction in a Patient with Paroxysmal Atrial Fibrillation. *Korean Circ J* 2013;43:766-9.
- [31] Kleczyński P, Dziewierz A, Rakowski T, Rzeszutko L, Sorysz D, Legutko J, et al. Cardioembolic acute myocardial infarction and stroke in a patient with persistent atrial fibrillation. *Int J Cardiol* 2012;161:e46-7.
- [32] Maciel R, Palma R, Sousa P, Ferreira F, Nzwalo H. Acute stroke with concomitant acute myocardial infarction: will you thrombolyse? *J Stroke* 2015;17:84-6.
- [33] Omar HR, Fathy A, Rashad R, Helal E. Concomitant acute right ventricular infarction and ischemic cerebrovascular stroke; possible explanations. *Int Arch Med* 2010;3:25.
- [34] Tokuda K, Shindo S, Yamada K, Shirakawa M, Uchida K, Horimatsu T, et al. Acute Embolic Cerebral Infarction and Coronary Artery Embolism in a Patient with Atrial Fibrillation Caused by Similar Thrombi. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2016;25:1797-9.
- [35] Kijpaisalratana N, Chutinet A, Suwanwela NC. Hyperacute Simultaneous Cardiocerebral Infarction: Rescuing the Brain or the Heart First? *Front Neurol* 2017;8:664.

TITRE DE LA THÈSE : *ACUTE MYOCARDIAL INFARCTION RELATED TO CORONARY ARTERY EMBOLISM : A SYSTEMATIC CARDIAC AND CEREBRAL MAGNETIC RESONANCE IMAGING STUDY*

INFARCTUS DU MYOCARDE LIÉ A UNE EMBOLIE CORONAIRE : UNE ÉTUDE SYSTÉMATIQUE PAR IMAGERIE PAR RÉSONANCE MAGNÉTIQUE CARDIAQUE ET CÉRÉBRALE

AUTEUR : JULIE PASTIER-DEBEAUMARCHÉ

RÉSUMÉ Contexte : L'embolie coronaire (EC) est une cause rare d'infarctus du myocarde (IDM) dont la principale cause est la fibrillation atriale (FA). La FA est également une cause d'embolies multiples, en particulier cérébraux.

Objectifs : Caractériser les lésions myocardiques liées aux EC, évaluer la proportion des infarctus cardio-cérébraux, et caractériser les lésions cérébrales associées aux doubles localisations emboliques.

Méthodes : Dans cette étude prospective réalisée entre janvier 2019 et juin 2021, 1401 patients ont été admis pour IDM *de novo* et ceux ayant fait un IDM lié à une EC ont bénéficié (1) d'une imagerie par résonance magnétique (IRM) cardiaque pour évaluer l'étendue de l'infarctus transmural et de la nécrose myocardique et (2) une IRM cérébrale pour déterminer la proportion d'AVC par embole cardio-cérébral simultané.

Résultats : 29/1401 (2,1%) patients ont présenté un IDM par EC, et 21 ont bénéficié d'une IRM cardiaque et cérébrale. Parmi ces 21 patients, 9 (43 %) présentaient un AVC ischémique, et la FA était la première cause d'EC chez 14 patients (67 %). Les EC multiples étaient fréquents en coronarographie (33 %). 4 patients (19 %) avaient un thrombus de l'auricule gauche dont 4/9 (44 %) avec un AVC à l'IRM cérébrale. En IRM cardiaque, la médiane du nombre de segments atteints par l'IDM était de 3 chez les patients avec et sans AVC. 78% des AVC ischémiques récents étaient localisés dans le territoire sylvien superficiel et seulement 10 % des patients avaient des séquelles d'AVC.

Conclusion : Les IDM liés à un EC étaient de taille moyenne mais de localisation multiple. L'étude systématique des IRM cérébrales a révélé que 33 % des cas étaient associés à un AVC ischémique majoritairement asymptomatique. Des études approfondies sont nécessaires pour mieux caractériser la physiopathologie, l'évolution clinique, la valeur pronostique et la stratégie optimale de prise des EC.

MOTS-CLÉS : Fibrillation atriale ; Embole coronaire ; Imagerie par résonance magnétique ; Infarctus du myocarde ; Accident vasculaire cérébral.