

Myocardite après vaccination au COVID-19

Antoine Lété⁽¹⁾, Stella Marchetta⁽²⁾, Julien Djekic⁽³⁾, Thierry Couvreur⁽³⁾, Philippe Evrard⁽²⁾, Bruno Raskinet⁽²⁾, Olivier Gach⁽²⁾

Myocarditis after COVID-19 vaccination

Myocarditis reactive to the COVID-19 vaccine has progressively been observed during the massive vaccination campaign among the population. It usually follows the second dose, occurs within 5 days of vaccine administration, and affects more often young men. The incidence is rare, clinical presentation usually benign, and the evolution is generally uncomplicated, without long term sequelae. Moreover, mortality is rate extremely low. Although the physio-pathological mechanisms implicated are not fully elucidated to date, several hypotheses have been put forward. Finally, the low risk of post-vaccination myocarditis must be weighed against the undeniable public health benefits of the vaccine compared to the risks of severe complications inherent to COVID-19 infection itself.

KEY WORDS

COVID-19, myocarditis, vaccination

La myocardite réactionnelle au vaccin contre la COVID-19 a progressivement été observée durant la campagne de vaccination massive de la population. Elle suit le plus souvent la deuxième dose, survient endéans les 5 jours après l'injection du vaccin et touche davantage les individus jeunes de sexe masculin.

Son incidence est rare et la présentation clinique est le plus souvent légère, le taux de mortalité étant extrêmement faible, l'évolution est généralement favorable, sans séquelle à long terme. Bien que les mécanismes physiopathologiques en cause ne soient pas tout à fait élucidés à ce jour, plusieurs hypothèses ont été avancées. Enfin, le risque faible de myocardite post-vaccinale est à mettre en balance avec les bénéfices de santé publique indéniables du vaccin comparé aux risques de complication sévère inhérents à l'infection par la COVID-19 elle-même.

What is already known about the topic?

The COVID-19 pandemic in these recent years required us to quickly learn about a new disease and to tackle the severe cardiovascular complications caused by this terrible virus. Fortunately, efforts to develop effective vaccines in record time have enabled us to emerge victorious from this fight.

Que savons-nous à ce propos ?

La Pandémie à COVID-19 de ces dernières années nous a forcés à rapidement apprendre d'une nouvelle maladie. Les complications sévères cardio-vasculaires notamment nous ont contraints à lutter âprement contre ce terrible virus. Fort heureusement, les efforts pour développer des vaccins efficaces en un temps record nous ont permis de sortir vainqueurs de ce combat.

What does this article bring up for us?

As any effective treatment, vaccines against COVID-19 inherently have potential side effects. Among these, myocarditis has sometimes been too loudly reported in some press. At the dawn of a possible fourth dose, we review the objective scientific data available on this complication and demonstrate that despite these rare cases of post-vaccination myocarditis, the risk-benefit balance remains very clearly favorable to vaccination for young people, that is why the vaccine is currently recommended for individuals over 12 years of age.

Que nous apporte cet article ?

Comme tout traitement efficace, les vaccins contre la COVID-19 présentent intrinsèquement des effets secondaires potentiels. Parmi ceux-ci, la myocardite a été parfois trop bruyamment rapportée dans une certaine presse. À l'aube d'une possible quatrième dose, nous revoyons les données scientifiques objectives disponibles sur cette complication et démontrons que malgré ces rares cas de myocardite post vaccinale, la balance risque-bénéfice reste très nettement favorable à la vaccination pour les patients jeunes, raison pour laquelle elle est recommandée pour les individus de plus de 12 ans.

INTRODUCTION

Plusieurs cas de myocardites post-vaccinales ont déjà été décrits par le passé. Entre 1990 et 2018 aux Etats-Unis, 708 cas de myocardite ont été rapportés par le VAERS (*Vaccine Adverse Event Reporting System*) tous vaccins confondus. Dans l'ensemble, les vaccins contre la variole (59 %) et l'anthrax (23 %) ont été les plus fréquemment incriminés. Chez les personnes âgées de moins de 19 ans, on rapporte ceux contre l'*Haemophilus influenzae* type b (22 %) et l'hépatite B (18 %) ; chez les personnes âgées de plus de 50 ans, les vaccins antigrippaux inactivés (36 %) et vivants atténués contre le zona (22 %) (1). D'autres travaux ont suggéré que ce phénomène était beaucoup plus rare pour les autres vaccins vivants atténués que celui de la variole, avec une incidence de 0,24 pour 100 000 vaccinés (2).

Le 11 décembre 2020, la *Food and Drug Association* (FDA) autorise l'administration du vaccin à ARN messenger ; BNT162b2, Pfizer et mRNA-1273, Moderna COVID-19. A ce moment, les études ayant prouvé l'efficacité et la sécurité de ces vaccins n'avaient rapporté aucun cas de myocardite (3). Aujourd'hui, de nombreux cas de myocardite post-vaccinale au COVID-19 ont été décrits. En septembre 2021, 1522 cas ont été rapportés, 1013 dans la décours du vaccin Pfizer et 475 dans le décours du vaccin Moderna (4).

Nous rapportons ici le cas de deux patients victimes de myocardite survenue peu de temps après la 2^e dose

de vaccination contre la COVID-19 et ayant fait l'objet d'une hospitalisation dans notre service. Nous avons pu comparer les manifestations cliniques, biologiques et radiologiques ainsi que l'évolution au cours du temps à la lumière d'une revue de la littérature disponible à ce sujet à ce jour.

HISTOIRE CLINIQUE

Il s'agit de deux patients de sexe masculin âgés de 21 et 24 ans respectivement, se présentant aux urgences de notre institution suite à l'apparition de douleurs thoraciques. Dans le 1^{er} cas, la douleur était transfixiante et accompagnée de dysesthésies au niveau des 4 membres. Chez le second patient, la douleur était respiro-dépendante et irradiait au niveau du cou et des deux membres supérieurs. Aucun de ces deux jeunes hommes n'avait d'antécédent médical particulier ni de facteurs de risque cardiovasculaire. Le 1^{er} patient a bénéficié de sa 2^e injection de vaccin contre la COVID-19 deux jours auparavant (mRNA-1273, Moderna), tandis que le second a reçu sa 2^e injection cinq jours auparavant (BNT162b2, Pfizer). A leur admission, ils présentent tous deux de bons paramètres hémodynamiques, sans fièvre. Leur test PCR naso-pharyngé à COVID-19 est négatif. Tous deux présentent des modifications électrocardiographiques sous forme d'un sus-décalage diffus du segment ST (Figures 1 et 2).

FIGURE 1. Électrocardiogramme d'admission du premier patient

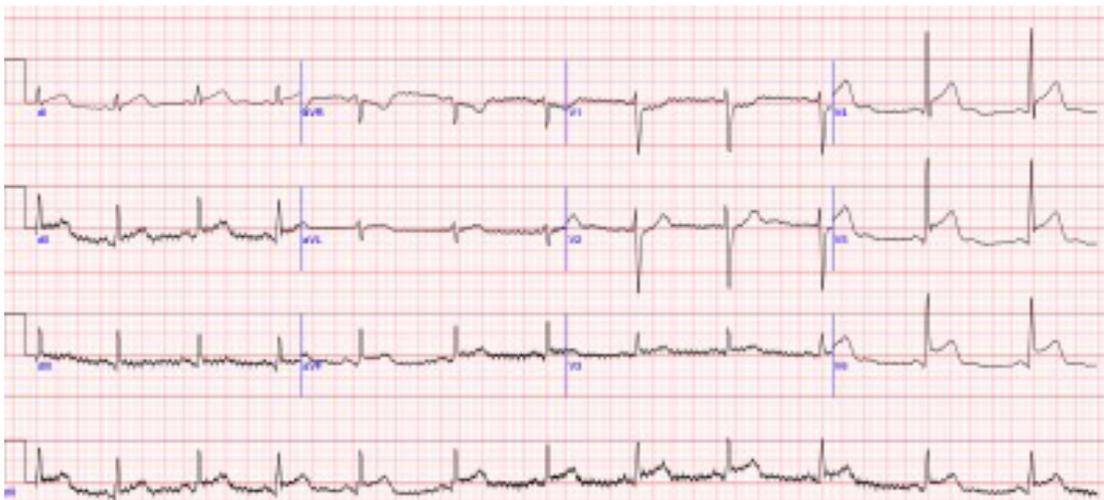


FIGURE 2. Électrocardiogramme d'admission du second patient



Sur le plan biologique, on relève une majoration significative des enzymes cardiaques (patient 1 : Troponines I ultrasensibles à 22.893 ng/L et pic de CPK-Mb à 84 µg/L ; patient 2 : Troponines I ultrasensibles à 34 977 ng/L et CPK-Mb à 82 µg/L) associée à une élévation du syndrome inflammatoire (patient 1 : CRP à 52.4 mg/dL, patient 2 : CRP à 20.4 mg/dL). Le premier patient bénéficie d'un scanner coronaire ne montrant aucune anomalie sur le réseau coronarien. Le second, pris en charge durant la nuit et présentant des troubles électrocardiographiques plus marqués, bénéficie d'une coronarographie, se révélant normale. Les sérologies sont réalisées par principe et reviennent toutes négatives (Cytomégalovirus, Epstein-Barr, Hépatite C, Herpès virus de type 6, Varicelle Zona, HIV 1&2, Parvovirus B19, Adénovirus, Influenza A, Influenza B, Parainfluenza, Entérovirus).

Les deux patients ont bénéficié d'une échocardiographie trans-thoracique (ETT) et d'une imagerie par résonance magnétique nucléaire (IRM) cardiaque.

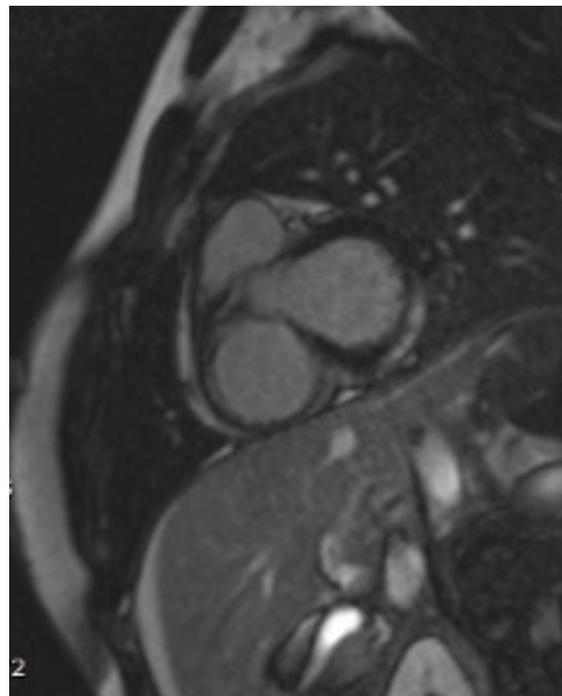
L'ETT du 1^{er} patient montrait une fraction d'éjection ventriculaire gauche (FEVG) subnormale à 50% en Simpson biplan avec un hypokinésie postéro-latéro-basale, sans épanchement péricardique ni de signe de surcharge droite.

Le second patient avait une FEVG également aux alentours de 50% et présentait une hypokinésie diffuse plus marquée dans les segments inféro-basaux.

L'IRM cardiaque du premier patient mettra en évidence une FEVG normale (59%), associée à un rehaussement tardif de la paroi latérale du ventricule gauche (VG) (Figure 3) et une majoration des temps de relaxation T1 et T2 sur les cartographies de caractérisation tissulaire,

l'ETT confirmant par ailleurs une discrète altération de la fonction longitudinale du VG dans le même territoire (Figure 4). L'IRM cardiaque du second patient démontrera elle aussi une légère altération de la FEVG (50%), associée à un rehaussement tardif de la paroi inférieure et inféro-latérale du VG (Figure 5) et une majoration des temps de relaxation T1 et T2 (Figure 6). L'ETT confirme également des troubles de la fonction longitudinale dans ces territoires.

FIGURE 3. IRM cardiaque montrant une zone de rehaussement tardif au niveau de la paroi latérale du VG.



IRM : Imagerie par résonance magnétique nucléaire ; VG : Ventricule gauche.

FIGURE 4. Échocardiographie cardiaque trans-thoracique objectivant une altération de la fonction longitudinale du VG au niveau de la paroi latérale

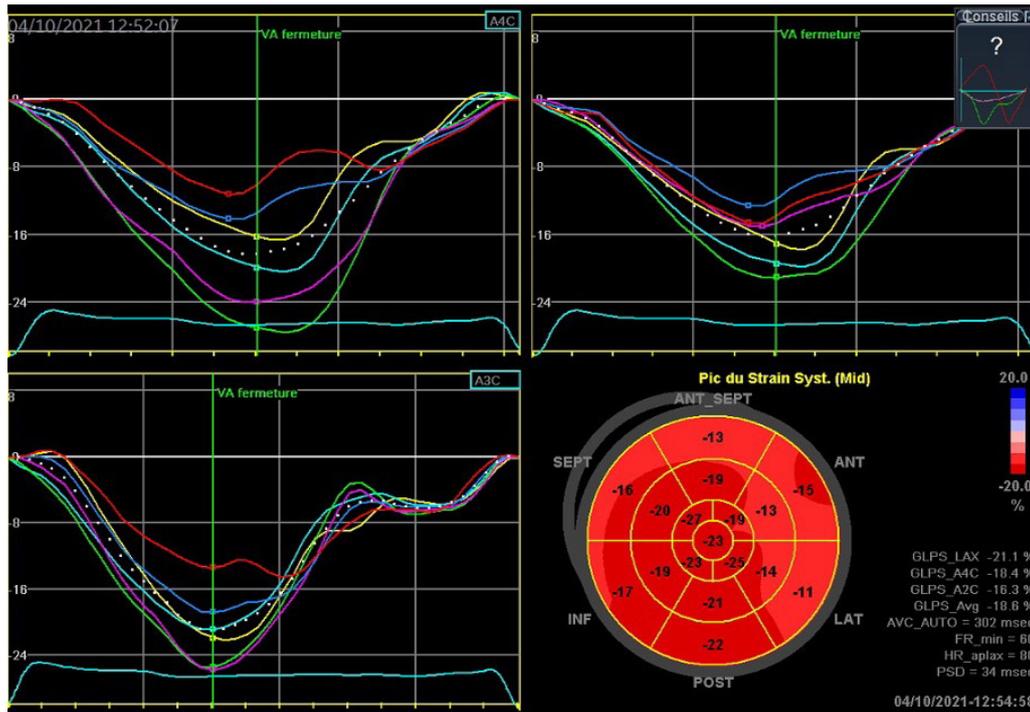


FIGURE 5. IRM cardiaque montrant une zone de rehaussement tardif au niveau de la paroi inféro-latérale du VG.

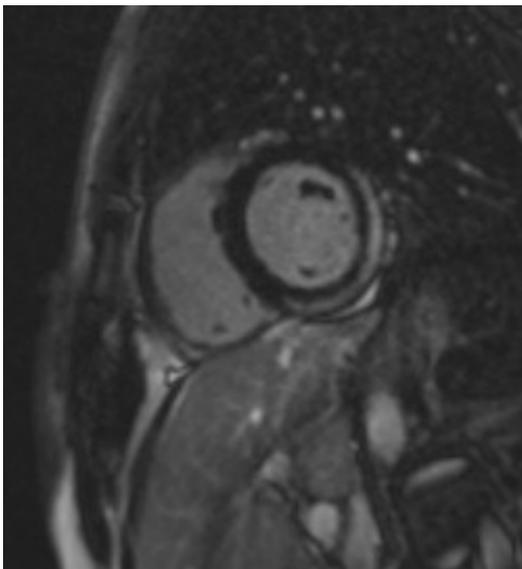
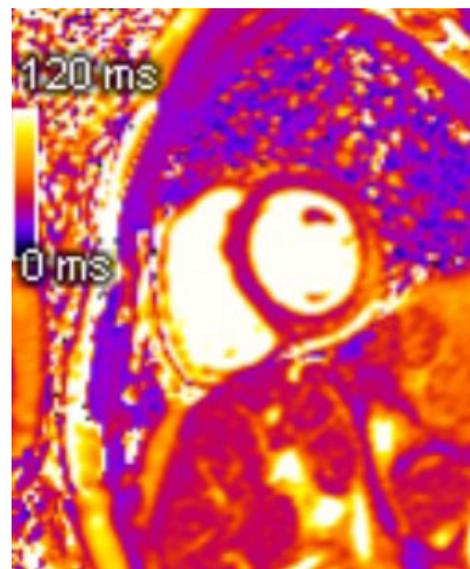


FIGURE 6. Cartographie T2 montrant la zone d'œdème correspondant à la zone de rehaussement tardif.



Les deux patients évolueront favorablement sur le plan clinique avec rapide disparition des précordialgies et normalisation de l'enzymologie cardiaque. Un traitement transitoire par inhibiteur de l'enzyme de conversion et antagoniste de l'aldostérone est prescrit pour le 2^{ème} patient ayant une altération légère de la FEVG. Lors de leur suivi respectif à trois mois, l'évolution iconographique se révélera favorable avec une normalisation des temps de relaxation T1 et T2. La FEVG du 2^{ème} patient se normalisera après 6 mois de traitement cardioprotecteur, qui sera dès lors arrêté.

DISCUSSION

EPIDÉMIOLOGIE

La plupart des publications disponibles actuellement sur le sujet consiste en fait à des séries de cas. La myocardite post-vaccinale est un effet indésirable rare du vaccin à ARN messager contre la COVID-19. D'après les données du CDC (Centers for Disease Control and Prevention) en septembre 2021, 1522 cas de myocardites post vaccinales ont été

rapportés. Parmi ceux-ci, 1013 faisaient suite au vaccin Pfizer-BioNTech, 475 au vaccin Moderna et 31 au Janssen (4). Une étude rétrospective israélienne estime l'incidence à 1/26.000 pour les hommes et 1/218.000 pour les femmes après la seconde dose du vaccin, ce qui correspond à un sexe ratio de 2,35 par rapport à la population non vaccinée (5). Une étude observationnelle du VAERS menée entre décembre 2020 et août 2021 estime le taux d'incidence à 5,98 cas par million de doses administrées (6). L'ensemble des études épidémiologiques démontre que la population la plus touchée concerne les individus jeunes de sexe masculin, avec un âge médian de 21 ans, suivant généralement la 2^e injection du vaccin.

PRÉSENTATION CLINIQUE

Les symptômes surviennent le plus souvent endéans les 3 jours suivant l'injection, avec invariablement la présence de douleurs thoraciques, et plus rarement, de la dyspnée, des myalgies, de l'asthénie et de la fièvre. Il ne semble pas y avoir de différence de délai d'apparition des symptômes entre les différents types de vaccins (Pfizer ou Moderna) (7).

EXAMENS COMPLÉMENTAIRES ET DIAGNOSTIC

Après évaluation du contexte clinique et de l'anamnèse, le diagnostic repose principalement sur l'électrocardiogramme (ECG) 12 dérivations, sur les biomarqueurs cardiaques et inflammatoires et enfin sur l'imagerie cardiaque.

BIOMARQUEURS

L'élévation des troponines est toujours présente. Le pic survient généralement au 3^e jour après l'apparition des symptômes. Un syndrome inflammatoire est la plupart du temps présent à l'admission. Selon une méta-analyse, le taux de troponines était significativement plus élevé après le vaccin Moderna (mRNA-1273) qu'après le vaccin Pfizer (BNT162b2) (7). Un test pour exclure une infection aiguë (par PCR) et ancienne (dosage d'anticorps) à la COVID-19 doit également être considéré.

ECG

Des anomalies électrocardiographiques sont présentes dans 95% des cas (8). L'anomalie la plus fréquente est l'élévation du segment ST, plus rarement, un sous-décalage du segment PR ou du segment ST et une onde T hyper-ample (9).

ÉCHOCARDIOGRAPHIE

Une échocardiographie doit être réalisée afin d'exclure une dysfonction VG et des anomalies de la cinétique. Celles-ci ne sont pas systématiques et il semble que la

FEVG soit le plus souvent préservée. Une méta-analyse de 61 patients a montré l'absence de toute anomalie échocardiographique dans 69% des cas. Dans cette même étude, la FEVG était inférieure à 50% dans 15% des cas seulement (9). Un épanchement péricardique peut être associé (3,6% des cas).

IRM

Il s'agit d'un examen non invasif crucial dans le diagnostic et le suivi des myocardites.

Le CDC (*Centers for Disease Control and Prevention*) a récemment établi des critères diagnostiques pour la myocardite post-vaccinale. Ceux-ci comprennent les symptômes cliniques associés à des anomalies IRM compatibles (ou histologiques), associés à une élévation des troponines, dans le décours d'une vaccination, et sans autre cause identifiée à l'origine des symptômes (10). Les critères diagnostiques de myocardite post-vaccinale à l'IRM sont les mêmes que ceux utilisés pour les myocardites d'une autre étiologie et correspondent à ceux de la « Lake Louise Criteria » (11), décrivant l'œdème à partir d'images pondérées T2 et un possible rehaussement tardif (LGE) sous-épicaux et/ou intra-myocardiques, dont la distribution n'est pas à topographie coronarienne (principalement observée au niveau de la paroi latérale et inféro-latérale du VG). L'IRM permet donc de confirmer ou exclure le diagnostic en évitant la réalisation de biopsies myocardiques, acte invasif et souvent peu contributif en raison du caractère éparpillé des lésions. De surcroît, l'intérêt de l'IRM ne se limite pas à sa valeur diagnostique mais apporte également une valeur pronostique. En effet, un œdème myocardique se manifestant sans LGE à l'IRM a été associé à un meilleur pronostic (12). Nous ne disposons pas encore de données concernant l'évolution à long terme de ces lésions et le suivi par RMN sera intéressant afin de préciser le caractère permanent ou non des lésions observées à la phase aiguë.

Enfin, un angio-CT coronaire ou coronarographie doivent être considérés au cas par cas afin d'exclure une lésion coronaire comme étant responsable de la clinique et des anomalies ECG et biologiques.

PHYSIOPATHOLOGIE

Le mécanisme physiopathologique exact des myocardites post-vaccinales reste inconnu à ce jour. Plusieurs hypothèses ont été cependant émises, notamment d'une part, un phénomène d'hypersensibilité au sein duquel le système immunitaire détecte l'ARNm du vaccin comme un antigène avec comme conséquence l'activation d'une cascade immunologique pro-inflammatoire. Cela expliquerait la réponse immunitaire plus fortement observée avec les vaccins à ARNm par rapport aux autres

types de vaccins contre la COVID-19 (13). Cette hypothèse est également corroborée par l'incidence plus importante de myocardite après la première injection chez les patients ayant déjà présenté la maladie comparée aux patients naïfs de la COVID-19 ; l'infection virale initiale jouant le rôle de sensibilisant dans ce cas de figure.

D'autre part, un phénomène auto-immunitaire est suggéré par plusieurs auteurs par un phénomène de mimétisme moléculaire. Des réactions croisées entre les anticorps développés contre la protéine Spike du Sars-Cov-2 et certaines séquences peptidiques humaines présentent dans le myocarde, notamment de l'a-myosine ayant été décrites (14). Enfin, une implication hormonale a été avancée par plusieurs équipes rendant compte ainsi de la différence notable d'incidence de myocardite entre les hommes et les femmes. La testostérone pourrait promouvoir une réaction immunitaire plus agressive des lymphocytes T helpers via un effet inhibiteur sur certaines cellules anti-inflammatoires. A l'inverse, les œstrogènes possèderaient des effets anti-inflammatoires par une action inhibitrice sur les lymphocytes T, entraînant une diminution des réponses immunitaires à médiation cellulaire (13).

MYOCARDITE ET COMPLICATIONS CARDIOVASCULAIRES DUES À L'INFECTION À LA COVID-19

Contrairement aux précédents coronavirus ayant affecté l'homme, le pathogène de la COVID-19 est rapidement apparu comme étant un pathogène cardiovasculaire majeur dont les répercussions sont multiples, avec notamment une atteinte myocardique dans une proportion non négligeable des cas.

Ainsi 20 à 30% des patients pourraient avoir un certain degré d'atteinte myocardique témoigné par l'élévation des troponines.

Néanmoins, bien que certains auteurs suggèrent une atteinte myocardique directe comme étant la plus probable, la réaction inflammatoire systémique excessive et l'ischémie induite par l'hypoxie peuvent également être responsables de lésions myocardiques secondaires et d'une élévation des troponines.

PRISE EN CHARGE ET SUIVI

Il n'existe pas à ce jour de recommandations quant à la prise en charge des myocardites post-vaccinales. Les patients symptomatiques doivent bénéficier d'un traitement par antalgiques et par anti-inflammatoires non stéroïdiens avec ou sans Colchicine en fonction qu'une péricardite est formellement associée. Dans les cas plus sévères, les corticostéroïdes, les Immunoglobulines intraveineuses et certains traitements spécifiques peuvent être envisagés. Enfin, les inhibiteurs de l'enzyme de conversion

et les bêtabloquants doivent être considérés en cas de dysfonction du VG. Les patients ayant présenté une myocardite doivent être revus et suivis par un spécialiste en maladie cardiovasculaire afin de s'assurer de leur bonne évolution clinique et iconographique. Selon les experts, il paraît raisonnable de recommander l'absence d'activité physique soutenue durant les 6 mois post-myocardite (15).

LES CAS LES PLUS SÉVÈRES

Bien que l'immense majorité des cas de myocardite post vaccinale soit bénigne, quelques très rares cas de myocardites fulminantes (MF) survenant dans le décours de l'administration du vaccin ont été rapportés. Ils surviennent plusieurs jours après la 1^{ère} ou la 2^{ème} dose vaccinale. L'incidence est identique dans les deux sexes, il s'agit plus souvent de patients d'âge moyen (40-45 ans), bien que toutes les catégories d'âge semblent pouvoir être touchées après différents types de vaccins mais plus fréquemment après vaccins à ARNm.

La présentation clinique initiale est aspécifique (céphalées, asthénie, syndrome grippal) puis évolue rapidement vers un choc cardiogénique et une défaillance multi-viscérale. La prise en charge nécessite fréquemment un support mécanique associé à un traitement médicamenteux consistant en de hautes doses de méthylprednisolone, l'administration d'immunoglobulines polyclonales (IVIg) et parfois d'inhibiteurs de l'interleukine. Malheureusement, l'issue peut parfois être fatale malgré un traitement maximal.

Il est probable que la plupart des cas s'inscrit dans le cadre d'un syndrome inflammatoire multi-systémique (comme on le voit parfois chez certains patients jeunes atteints de COVID-19). Cette hypothèse est renforcée par l'importance de l'élévation des biomarqueurs inflammatoires, la sévérité de la défaillance multiviscérale et la lenteur voir parfois l'absence de réponse au support hémodynamique, témoignant d'un certain degré de vasoplégie (16). Un phénomène d'hypersensibilité immuno-allergique est également possible (myocardite d'hypersensibilité). Deux cas de myocardites éosinophiliques fulminantes survenant dans le décours du vaccin ont par ailleurs été rapportés (17).

Fort heureusement, la plupart du temps, l'évolution est lentement favorable avec une normalisation progressive de la FEVG et une normalisation des NTproBNP à moyen terme (18).

Il convient donc de rester conscient de ce risque, rare mais potentiellement mortel, de ne jamais minimiser les plaintes des patients après vaccination et de rester attentif aux signes précoces d'insuffisance cardiaque.

EN CONCLUSION

La myocardite post-vaccinale à la COVID-19 est une entité rare mais qu'il ne faut pas méconnaître. Elle survient endéans les 5 jours après la vaccination, le plus souvent après la 2^{ème} injection, chez les jeunes hommes. L'évolution à court terme est généralement favorable mais un suivi à long terme sera d'un grand intérêt pronostic. Exceptionnellement, une myocardite fulminante potentiellement gravissime peut survenir. Malgré ces rares cas de myocardite post-vaccinale et en dépit du manque de recul quant

à leur évolution à long terme, la balance risque-bénéfice reste très nettement favorable à la vaccination pour tous les groupes d'âge et de sexe. Outre ses effets de réduction importante d'hospitalisation, d'admission en unité de réanimation et de décès lié à la COVID-19, la vaccination permet également de diminuer d'un facteur 1000 le risque de myocardite à COVID-19 dans la population générale.

RÉFÉRENCES

1. Su J, McNeil M, Welsh K, Marquez P, Ng C, Ming Y, *et al.* Myo-pericarditis after vaccination, Vaccine adverse Event Reporting System (VAERS) 1990-2018. *Vaccine.* 2021; 839-845.
2. Kuntz J, Crane B, Weinmann S, Naleway A, Vaccine safety datalink investigator team. Myocarditis and pericarditis are rare following live vaccine in adults. *Vaccine.* 2018; 36(12): 1524–1527.
3. Polack F, Thomas S, Kitchin N, Absalon J, Gurtman A, Lockhart S, *et al.*, Safety and efficacy of the BNT162b2 mRNA COVID-19 vaccine, *N Engl J Med.* 2020.
4. The vaccine adverse event reporting system (VAERS) results. Accessed; September 1, 2021.
5. Mevorach D, Anis E, Cedar N, Bromberg M, Haas E, Nadir E, *et al.* Myocarditis after BNT162b2 mRNA Vaccine against COVID-19 in Israel. *N Engl J Med.* 2021;385:2140-2149.
6. Li M, Yuan J, Lv G, Brown J, Jiang X, Lu Z, *et al.* Myocarditis and pericarditis following COVID-19 vaccination: inequalities in age and vaccine types. *J Personalized Med.* 2021;11:1106.
7. Park DY, An S, Kaur A, Malhotra S, Vij A. Myocarditis after COVID-19 mRNA vaccination: A systematic review of case reports and case series. *Clin Cardiol.* 2022; 1-10.
8. Matta A, Kunadharaju R, Osman M, Jesme C, McMiller Z, Johnson E *et al.* Clinical presentation and outcomes of myocarditis post mRNA vaccination : A meta-analysis and systematic review. *Cureus.* 2021; 13(11).
9. Bozkurt B, Kamat I, Hotez P. Myocarditis with COVID19 mRNA Vaccines. *Circulation.* 2021; 144:471-484.
10. Gardano J, Wallace M, Hadler S, Langley G, Su J, Oster M *et al.* Use of mRNA COVID-19 vaccine after reports of myocarditis among vaccine recipients: update from the advisory committee on immunization practices – United States, June 2021. *Morbidity Mortality Weekly Report.* 2021; 70:977-82.
11. Watanabe K, Ashikaga T, Maejima Y, Tao S, Terui M, Kishigami T, *et al.* Case report: Importance of MRI examination in the diagnosis and evaluation of COVID-19 mRNA vaccine induced myocarditis: our experience and literature review. *Frontiers in cardiovascular medicine.* April 2022; Vol 9, Article 844626.
12. Vermes E, Childs H, Faris P, Freidrich M. Predictive value of CMR criteria for LV functional improvement in patients with acute myocarditis. *Eur Heart J Cardiovascular Imaging.* 2014;15:1140-4.
13. Heymans S, Cooper L. Myocarditis after COVID-19 mRNA vaccination: clinical observations and potential mechanisms. *Nature Reviews Cardiology.* Feb 2022,75 – 77.
14. Vojdani A, Kharrazian D. Potential antigenic cross-reactivity between Sars-Cov-2 and human tissue with possible link to an increase in autoimmune diseases. *Clin Immunol.* 2020; 217:108480.
15. Hurwitz B, Issa O. Management and treatment of Myocarditis in Athletes. *Curr Treat Options Cardiovasc Med.* 2020;22(12):65.
16. Abbate A, Gavin J, Madanchi N, Kim C *et al.* Fulminant myocarditis and systemic hyperinflammation temporally associated with BNT162b2mRNA COVID-19 in two patients. *Int J Cardiol.* 1 October 2021, 119 – 121.
17. Ameratunga R, Woon S-T, Sheppard M, Garland J *et al.* *J Clin Immunol.* Jan 2022; 42(3): 441–447.
18. Cui G, Li R, Zhao C, Wang D. Case Report : COVID-19 Vaccination Associated Fulminant Myocarditis. *Frontiers in Cardiovascular Medicine.* 2021; 8: 769616.

AFFILIATIONS

1. Assistant en Cardiologie, Cliniques Universitaires Saint-Luc UCLouvain, B-1200 Bruxelles, Belgique
2. Service de Cardiologie, CHC MontLégia, Liège, Belgique
3. Service d'Imagerie Médicale, CHC MontLégia, Liège, Belgique

CORRESPONDANCE

DR. OLIVIER GACH, MD, PHD, FESC.
CHC MontLégia
Service de Cardiologie
Bd Patience et Beaujonc 2
B-4000 Liège, Belgium.
oliviergach70@gmail.com