

[Eur Cardiol](#). 2023; 18: e54.

Published online 2023 Sep 13. doi: [10.15420/ecr.2023.01](https://doi.org/10.15420/ecr.2023.01)

PMCID: PMC10512119

PMID: [37745168](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37745168/)

Cardiovascular Disease and COVID-19 Vaccines: A Systematic Review and Analysis of Published Cases

心血管疾患と COVID-19 ワクチン:公表された症例の系統的レビューと解析

[Abdulrhman Khaity](#),¹ [Ala' Abdala Mohamad Rababah](#),² [Omar A Abdelwahab](#),³ [Khaled Albakri](#),⁴ [Rehab Adel Diab](#),³ [Nada Mostafa Al-dardery](#),⁵ [Mahmoud Abbassy](#),⁶ [Balqees M Al-Hanaqtah](#),⁴ [Ahmed K Awad](#),⁷ and [Tamam Mohamad](#)⁸

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10512119/>

関連データ

補足資料

抄録

COVID-19 に対するワクチン接種がより広く普及するにつれて、臨床試験で当初検出されなかった副作用がより顕著になった。この系統的レビューの目的は、COVID-19 ワクチン接種に関連した心血管系有害事象の報告について考察することである。COVID-19 ワクチン接種後の心血管疾患患者に関する症例報告および症例シリーズ報告を特定するため、開始時から 2022 年 8 月までのデータベースが検索された。この研究では、公表された 150 症例が評価された。このうち 109 件は症例報告であり、41 件は症例集積研究であった。患者の大多数は男性(n=302,86.6%)であり、平均年齢は 27.6±16.7 歳であった。対象となった患者のうち、268 人(76.6%)が心筋炎、50 人(14.6%)が心筋心膜炎、8 人(2.3%)が心膜炎、4 人(1.1%)のみがストレス誘発性心筋症であった。さらに、30 名(8.6%)が不整脈と診断され、11 名(3.1%)が虚血性心疾患と診断された。最終的に、COVID-19 ワクチン接種後に発生する心血管系合併症には、心筋炎、心筋心膜炎、虚血性心疾患、不整脈などがある。若年層、特に若年男性患者は、心筋炎に罹患しやすい可能性がある。

Keywords: COVID-19, mRNA vaccine, Adenoviral vector vaccine, Inactivated vaccine, Cardiovascular complications, Review

*本翻訳は MediTRANS(<http://www.mcl-corp.jp/meditrans/>)という機械(AI)翻訳エンジンによるものであり、人による翻訳内容の検証等は行っていません。従いまして本翻訳の利用に際しては、原著論文が正であることをご理解の上、あくまでも個人の理解のための参考に留めていただきますようお願いいたします。

コロナウイルスは、ヒトに軽度から中等度の上気道疾患を引き起こす一群のウイルスである。2019 年後半には、新種株である重症急性呼吸器症候群コロナウイルス(SARS-CoV-2)が COVID-19 を引き起こした[1,2]。2022 年末までに、COVID-19 が原因で 660 万人以上が死亡し、6 億人以上が感染した[3]。

最もよく報告される感染症状としては、発熱、咳嗽、呼吸困難、疲労、嗅覚または味覚の消失などがある[4]。しかしながら、肺病変は多臓器不全および敗血症性ショックにつながる可能性がある。WHO は 2020 年 3 月 11 日にこのアウトブレイクをパンデミックと分類した。[5]これまでのところ、COVID-19 に対して承認された治療法はないが、重症患者および危篤患者に対して推奨されている治療法としては、コルチコステロイド、トシリズマブ、サリルマブなどがある[6]。

いずれにせよ、最善の防御策はワクチン接種である。世界中で 118 億回以上の接種が行われており、世界人口の 68%が少なくとも 1 回は接種を受けている。[7]最も広く使用されているワクチンは Oxford-AstraZeneca 社のもので、Pfizer-BioNTech 社と Moderna 社の mRNA ワクチンがこれに続く[7,8]。承認されている COVID-19 ワクチンはいずれも優れた有効性と安全性プロファイルを示しており、注射部位の疼痛および腫脹、発熱、疲労などの軽度の副作用がみられる[9,10]。しかし、過去の研究では、ワクチンが心イベントのリスクを上昇させる可能性が示唆されていた[11-13]。

COVID-19 ワクチン接種後に心筋炎、心膜炎、急性冠症候群、不整脈など、いくつかの心臓の症状がみられたことが症例報告や症例集積研究の枠組みで報告されている[13,14]。心筋炎と COVID-19 mRNA ワクチンを関連付けた最初の症例報告が 2021 年 3 月に公表されて以来、新規の COVID-19 ワクチンに対する新たな心臓の有害反応を解明することは大きな課題となっている[14]。

この系統的レビューでは、COVID-19 ワクチン接種後に心疾患を発症したと報告された症例を要約し、感受性の高い特徴、転帰、および素因に関する類似性を明らかにする。これにより、医師は心疾患の予後と重症度についてより深い洞察を得ることができる。

方法

本レビューの準備過程では、PRISMA および Meta-analysis Of Observational Studies in Epidemiology(MOOSE)のガイドラインに従った[15]。本研究の全段階は事前に規定されており、プロトコルは PROSPERO(CRD42022337589)に登録されていた。

試験の適格性

以下の基準を満たす場合は、すべての症例報告および症例集積研究を対象とした:

*本翻訳は MediTRANS(<http://www.mcl-corp.jp/meditrans/>)という機械(AI)翻訳エンジンによるものであり、人による翻訳内容の検証等は行っていません。従いまして本翻訳の利用に際しては、原著論文が正であることをご理解の上、あくまでも個人の理解のための参考に留めていただきますようお願いいたします。

- あらゆる種類の COVID-19 ワクチンに関連するあらゆる種類の心血管疾患を有する対患者
- COVID-19 ワクチンが心血管疾患の危険因子または指標であることを報告した。
- 評価されたアウトカムは、COVID-19 ワクチン接種後の心血管系有害作用の最終診断、使用された治療の種類、治療に対する反応、改善の有無、ワクチンの種類別の副作用の発生率であった。

症例対照研究またはコホート研究、論文、会議の抄録およびレビューは除外した。さらに、COVID-19 ワクチンを使用せず、異なるアウトカムを評価した研究は除外された。

試験を特定するための検索方法

以下の質問を用いて、PubMed、Scopus、Cochrane Library および Web of Science の電子データベースで開始時から 2022 年 8 月までに公表された関連研究を検索した。((「心筋炎」OR「心膜炎」OR「心筋心膜炎」OR「たこつぼ」OR「心臓*」OR「血管」OR「心臓」)AND(COVID-19 OR SARS-CoV-2)AND(ワクチン*)。

検査の選択

研究の選択は、2 人の著者が独立して 2 段階で実施した。最初のステップは、記録された全ての引用文献の表題と抄録のスクリーニングであった。第 2 段階では、解析に適格であるかについて論文の全文をスクリーニングした。意見の相違はコンセンサスによって解決された。

データの抽出と管理

3 人のレビュー担当者が、以下の項目に関するオンラインデータ抽出フォームを用いて、対象となった研究から関連するデータを独自に抽出した:研究デザインの特徴、研究対象集団の特徴、バイアス領域のリスク、ならびに COVID-19 ワクチン接種後の心血管系の有害作用の最終診断、用いられた治療の種類、治療に対する反応、改善の有無、ワクチンの種類別の副作用の発生率などの研究結果。意見の対立は合意によって解決された。

選択された研究におけるバイアスのリスクの評価

著者 2 人が Joanna Briggs Institute(JBI)のチェックリストを用いてバイアスのリスクを評価した[16].各症例報告は以下の領域に基づいて評価された:患者の人口統計学的特性の明確さ、病歴と臨床像、診断評価、治療法、治療後の状態、有害事象、要点。症例集積研究の評価には、米国国立衛生研究所(National Institutes of Health:NIH)の Quality Assessment Tool for case series を使用した[17].NIH の基準では、研究目的の明確さ、研究対象集団と症例定義の明確さ、症例が連続して比較可能であったか否か、介入が明確に記述されていたか否か、アウトカム測定の高信頼性と妥当性、追跡期間の適切さ、統計的方法論、結果が適切に記述されていたか否かなどの領域に基づいて研究を評価している。不一致は 3 人目の著者によって解決された。

データの統合

SPSS バージョン 28 for Windows を使用して、データ(ワクチンの副作用などのカテゴリーデータおよびワクチン接種を受けた患者の年齢などの連続変数)の記述的解析を実施した。連続変数は平均±SD で表し、カテゴリ変数は頻度及び割合で表す。

結果

我々の検索戦略では、7,596 件の研究が特定された。重複を除外した後、4,570 の抄録が評価され、693 の論文が全文スクリーニングの対象とされた。全文の評価では 543 件の論文が除外され、107 件は研究の主要アウトカムにも副次アウトカムにも合致しなかったために除外された。さらに、介入が異なる 118 件の研究、デザインの不一致による 223 件の論文、および集団特性のばらつきによる 95 件の研究を除外した。最後に、150 件の研究が我々の系統的レビューおよびメタアナリシスに含まれた(補足資料図 1)。PRISMA による試験選択プロセスのフローチャートを図 1 に示す。

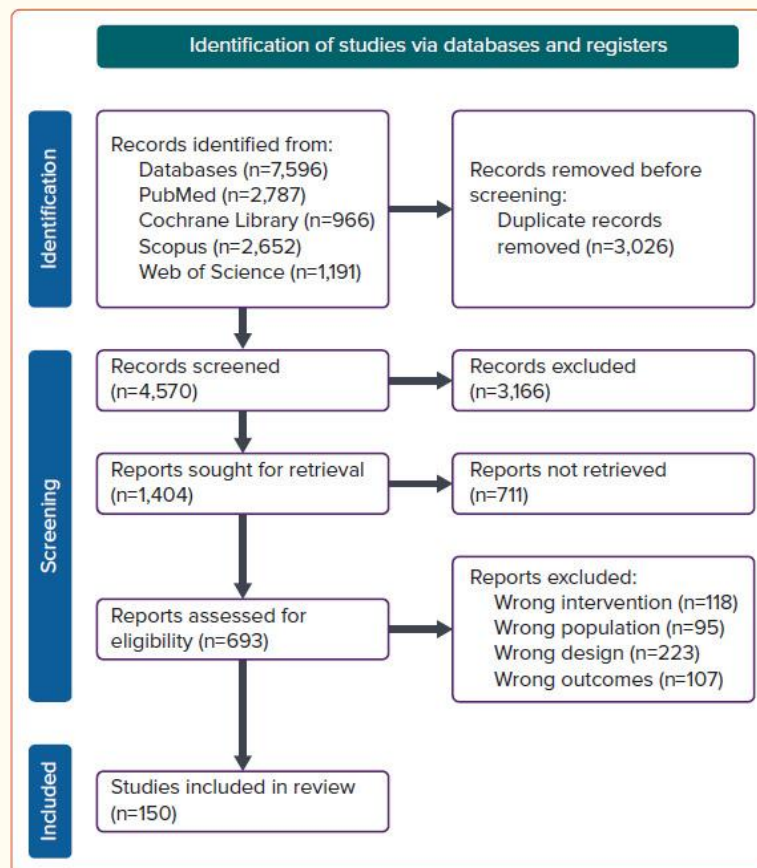


図 1:

PRISMA による試験のスクリーニングと選択のフローチャート

今回の研究では、COVID-19 ワクチンにより発生した心臓関連の有害事象に関する症例集積研究(n=41)と症例報告(n=109)を対象とした。患者の大多数は男性(n=302、86.6%)であり、22歳と24歳の年齢群でそれぞれ7人であった。最高齢の患者は96歳、最年少の患者は13歳であった。最も多く接種されたワクチンはPfizer社とModerna社で(それぞれ255例[72.9%],73例[21.1%]),半数を超える患者(263例、75.4%)が2回目の接種を受けた。対象となった150件の研究において、最も多く報告された4つの症状は胸痛(150件中140件、93.3%)であり、次いで呼吸困難(150件中106件、70.6%)、咳嗽(150件中39件、26%)、発熱(150件中30件、20%)であった。ワクチン接種から症状発現までの平均時間は94.6±2.1時間であった。対象となった150件の研究における患者の特徴、治療および予後の一覧を補足資料表1に示す。

NIHスコアに基づくと、対象となった症例集積研究におけるエビデンスの質は良好であった。対象とした41件のケースシリーズのうち、27件のスコアは7-9であり、エビデンスの質は良好であったが、12件の研究ではエビデンスの質はまずまずであった(スコア4-6)。残りの2件の研究はエビデンスの質が低かった(スコア0-3;補足資料表2)。対象となった109件の症例報告のエビデンスの質は、JBIの質評価ツールを用いて良好と評価された。症例報告の合計93件で質スコアが70%を超える良好なエビデンスが得られ、14件で50%を超える中等度のエビデンスが得られ、2件の研究ではスコアが50%未満で質の低いエビデンスが得られた(補足資料表3)。

アウトカム

ワクチン接種後に多くの心血管系合併症が報告されており、来院した患者には様々な臨床症状がみられる。349人の患者のうち、268人(76.6%)が心筋炎、50人(14.6%)が心筋心膜炎、8人(2.3%)が心膜炎、4人(1.1%)がストレス誘発性心筋症であった。さらに、30名(8.6%)が不整脈と診断され、11名(3.1%)が虚血性心疾患と診断された。心筋炎患者の平均年齢は30歳であった(範囲は13-80歳)。心筋心膜炎患者の平均年齢は25歳であった(範囲は16-88歳)。しかし、心筋梗塞患者の平均年齢は65歳であった(範囲は42-96歳;補足資料表1)。

ワクチンの種類別に心血管系副作用の発生率をみると、心筋炎を発症した患者のうち、202人(75.1%)がPfizer社、55人(20.4%)がModerna社、6人(2.2%)がAstraZeneca社、4人(1.5%)がJohnson&Johnson社、1人(0.3%)がスプートニク社のワクチンをそれぞれ投与されていた(表1)。心筋心膜炎に対して記録された最も一般的なワクチンの種類は、患者37人(72.5%)でPfizer社のものであり、次いでModerna社の9人(19.6%),AstraZeneca社の4人(7.8%)であった。

表 1:

ワクチンの種類別に見た副作用の発生率

合併症	Pfizer,例数 (%)	Moderna,n(%)	AstraZeneca,例数 (%)	シノファーム、 n(%)	Johnson&Johnson,例数 (%)	スプートニク、 n(%)
心筋炎	202(75.1)	55(20.4)	6(2.2)	0	4(1.5)	1(0.4)
心筋心膜炎	37(72.5)	9(19.6)	4(7.8)	0	0	0
心膜炎	6(66.7)	2(22.2)	0	0	0	0
ストレス誘発性 心筋症	3(75)	1(25)	0	0	0	0
虚血性心疾患	3(27.3)	6(54.5)	2(18.2)	0	0	0
不整脈	16(47.1)	11(32.4)	0	2(5.9)	0	1(2.9)

[別のウィンドウで開く](#)

心血管系の検査では、326例(93.4%)の患者でトロポニン値が上昇していた。心電図および心エコー検査で異常が認められた症例は、それぞれ286例(82%)および127例(36.3%)であった。さらに、患者240名(68.6%)では心臓MRIが正常ではなく、15名(4.3%)では冠動脈画像検査で異常所見が認められた。左室駆出率(LVEF)は患者127名で50%未満であった(36.3%;表2)。これらの合併症は、アンジオテンシン変換酵素阻害薬(ACEI)、アンジオテンシン受容体遮断薬(ARB)、非ステロイド系抗炎症薬(NSAID)および経皮的冠動脈インターベンション(PCI)により管理された。ほぼ全ての症例(n=338,96.9%)で治療後に改善が認められた(補足資料表1)。

表 2:

ワクチンの種類に応じた臨床所見

心臓所見	Pfizer,例数 (%)	Moderna,n(%)	AstraZeneca,例数 (%)	シノファーム、 n(%)	Johnson&Johnson,例数 (%)	スプートニク、 n(%)
トロポニン高値	240(73.2)	69(21.3)	12(3.7)	0	4(1.2)	1(0.3)
心電図異常	211(73.3)	59(20.8)	9(3.1)	2(0.7)	4(1.4)	1(0.3)
心エコー検査	77(59.7)	38(30.2)	7(5.4)	1(0.8)	2(1.6)	1(0.8)
左室駆出率 <50%	80(62.5)	35(27.3)	8(6.3)	1(0.8)	3(2.3)	0
冠動脈画像の 異常	6(37.5)	8(50)	1(6.3)	0	0	0

心臓所見	Pfizer,例数 (%)	Moderna,n(%)	AstraZeneca,例数 (%)	シノファーム、 n(%)	Johnson&Johnson,例数 (%)	スポーツニク、 n(%)
心臓 MRI の異常	178(73.6)	52(21.5)	8(3.3)	0	2(0.8)	0

[別のウィンドウで開く](#)

LVEF=左室駆出率。

討論

有害心イベントと COVID-19 ワクチン接種との関連の可能性に関する懸念が最近高まっている[11]。ワクチン接種後の心疾患発生率は、人口統計学的特性、残差交絡、およびワクチンの種類によって異なる[11-13]。本研究では、公表された 150 件の症例報告と症例シリーズから合計 349 人の患者を同定した(補足資料表 1)。最も多くみられた有害事象は心筋炎であり、次いで心筋心膜炎、不整脈、虚血性心疾患であった。さらに、我々の分析では、有害心イベントのほとんどが 2 回目の接種後に報告され、ほとんどの症例が Pfizer 社および Moderna 社のワクチン接種後に発生したことが明らかにされた。国別にみると、米国で最も頻用されていたワクチン接種は Pfizer であり、心血管系の有害事象が発生した症例の 57.7%に接種されていた。Pfizer 社は欧州で最も一般的なワクチンでもあり、ドイツでは症例の 58.3%で Pfizer 社が関与した合併症が報告された。我々の研究で特定された心筋炎およびその他の心血管イベントの管理は、依然として主に支持療法であり、心不全および不整脈治療の助けを借りて血行動態の安定性を再確立することに基づいている。筆者らの研究によると、治療を必要とする患者のほとんどは NSAID, ACEI, ARB および PCI で管理されており、ほぼ全ての患者(96.9%)がその後著明な改善を示した(補足資料表 1)。

分子擬態(molecular mimicry)とは、ワクチンの成分と特定のヒトタンパクとの相互作用で、免疫交差反応を引き起こして自己免疫疾患を引き起こす現象のことであり、心筋炎の原因の 1 つである可能性が示唆されている[18-21]。女性より男性で心筋炎の有病率が高いことは、ホルモンシグナル伝達の多様性によっても説明できる可能性がある。テストステロンは抗炎症性免疫細胞を阻害すると同時に、より強力なヘルパー T 細胞応答を促進する[19,22]。したがって、COVID-19 ワクチン接種後に発生した心血管系の有害事象がワクチン接種に関連したものなのか、それともワクチン接種に起因したものなのかは不明であるが、これらの有害事象が存在することは明らかであり、治療に当たっている医師の注意を引くべきである。

一般に、ワクチン接種後の心血管疾患の発生率は、性別および年齢によって大きく異なる。我々の系統的レビューでは、患者の平均年齢は 27 歳であり、最も頻度の高い 2 つの年齢群(22 歳と 24 歳)にそれぞれ 7 人の患者が含まれていた。この年齢分布は公衆衛生上非常に重要であり、若年層でワクチン接種後の心血管イベントの有病率が高い理由を解明するためのさらなる研究が必要である。特に心筋心膜炎と心筋炎については、患者の平均年齢がそれぞれ 25 歳と 30 歳であったのに対し、心筋梗塞の患者の平均年齢は 65 歳であった。

注目すべきことに、25歳未満の被験者200人のうち、肺疾患を併発していたのは8人(偶然にも男性であった)のみであった。今回の研究は、一般的に有意な併存症が認められない25歳未満の患者を対象とした大規模研究において、これらの知見を検討した初めての研究である。さらに、我々のレビューの参加者の大多数は男性であった。これら302人の男性患者のうち、ほとんどが心筋炎であった。Ahmedらが実施したCOVID-19ワクチン接種後の心筋炎発症に関する研究でも、これと同じパターンの男性優位の発症が確認された[21]。LingらとChouらもこれと一致して、COVID-19ワクチンのmRNAワクチンを接種した若年男性では、接種を受けなかった若年男性と比べて心筋心膜炎の発生率が高いことを指摘している[23,24]。さらに、今回のレビューでは、ワクチン接種から発症までの平均時間は 94.6 ± 128 時間であった。このことは、Pillayら、Osterら、およびParkらによる過去の研究(ワクチン接種から約2-4日後に心筋炎の症状が発現した)と一致している[25-27]。

心血管イベントの診断は、しばしば一致する臨床所見に基づき、心損傷を示唆する血液バイオマーカーおよび/または心電図所見、ならびに心エコー検査または心臓MRIの異常により確定する。著者らのレビューでは、全症例の93.4%(326例)でトロポニン値が上昇しており、心筋損傷と一致していた。トロポニン値が上昇した患者のうち、大多数(240例、73.2%)がPfizer-BioNTech社のワクチンを接種された患者であり、次いでModerna社のワクチンを接種された患者であった(69例、21.3%)。これは、ほとんどの参加者がPfizer社-BIOntech社のワクチンを接種され、次いでModerna社のワクチンを接種されたという事実起因している可能性がある。これらのトロポニン高値の所見は、報告された症例の大半でトロポニン高値が認められたとするParkらおよびLeeらのレビューとも一致している[27,28]。

Puchalskiらによる以前の研究も我々の知見を支持している。著者らは、10代の若者におけるCOVID-19ワクチン接種による心筋炎の症例集積研究において、ST部分の変化や再分極時間の異常などの急性心筋障害の特徴が全例で認められたことを報告した[29]。興味深いことに、この研究は17歳の若年成人3名に発生したワクチン接種後の心筋梗塞に関するデータを報告した最初の研究である。したがって、若年層は心筋梗塞の素因となる他の併存症を有している可能性があるが、若年成人における心筋梗塞の発生率は依然として不明である。以前の文献では、この動脈攣縮発生率の上昇について、ワクチン接種後の血管炎/動脈炎により悪化する動脈攣縮または無症状の冠動脈疾患が原因であるとの仮説が提唱されている[18,19]。若年成人では、コカインの使用、アルコール乱用、ストレスに関連したアドレナリン反応など、いくつかの因子により発症する可能性がある。これらは攣縮だけでなく、プラークびらんや急性血栓症も引き起こす[18,19]。

さらに、本研究では患者127名(36.3%)の左室駆出率が50%未満であった。Ahmedらが示したように、ワクチン接種後に心血管疾患、特に心筋炎を発症した患者では、COVID-19患者と比較して左室駆出率が高かった[21]。この知見は、COVID-19ワクチン接種後の心筋損傷を調査し、半数以上の患者で左室駆出率が50%を超えていたことを明らかにしたFronzaら、Shiyovichら、Behersらによる3つのシステマティックレビューとも一致している[30-32]。

最後に、今回の結果を過去7回のレビューと比較して、結論を導き出すとともに、より広範なワクチン接種後の心イベントを提示することを試みた(補足資料表4)[21,23,24,27,28,32,33]。心イベントとCOVID-19ワクチンとの因果関係は確認されていないことを強調することが極めて重要である。したがって、心臓の有害事象とCOVID-

19 ワクチンとの関連の可能性に関してレベル 1 のエビデンスが得られる可能性を高めるために、適切にデザインされた質の高い大規模研究をさらに実施することを推奨する。

事項制約事項

本レビューの主な限界としては、コホート研究および症例対照研究のデータの質が高く、結果に影響を及ぼす可能性のある報告バイアスを回避するためにこれらの研究が実施されていないこと、公表された症例の数が限られているためにサンプルサイズが小さいこと、対象となった研究における心筋炎およびその他の心血管疾患の定義が多様であることに加えて、対象となった研究が国、施設および医療システムによって多様であることが、研究ごとのアウトカムに影響を及ぼし、研究ごとの結果にある程度の不確実性をもたらす可能性があることなどが挙げられる。しかしながら、この不一致は所見の精度にほとんど影響を及ぼさない可能性がある。

結論

有害心血管イベントの大半は、COVID-19 ワクチンの 2 回目の接種後に報告された。ワクチン接種後に最も多くみられた心血管系合併症は、心筋炎、心筋心膜炎、不整脈および虚血性心疾患であった。若年層、特に男性患者は、心筋炎に罹患しやすい可能性がある。臨床および検査所見から明らかのように、大多数の患者で著明な改善が認められた。COVID-19 ワクチンと心イベントとの関連の可能性を検証するには、さらなる研究が必要である。

補足資料

補足図 1.

ここをクリックしてご覧ください。【(1.4M,pdf)】

謝辞

TM と AKA は等しく寄与していた。

参考文献

1. Kumar A, Singh R, Kaur J et al. Wuhan to world: the COVID-19 pandemic. *Front Cell Infect Microbiol.* 2021;11:596201. doi: 10.3389/fcimb.2021.596201. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
2. Yesudhas D, Srivastava A, Gromiha MM. COVID-19 outbreak: history, mechanism, transmission, structural studies and therapeutics. *Infection.* 2021;49:199–213. doi: 10.1007/s15010-020-01516-

2. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
3. Wu HY, Chang PH, Huang YS et al. Recommendations and guidelines for the diagnosis and management of Coronavirus Disease-19 (COVID-19) associated bacterial and fungal infections in Taiwan. *J Microbiol Immunol Infect.* 2023;56:207–35. doi: 10.1016/j.jmii.2022.12.003. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
4. Centers for Disease Control and Prevention. Symptoms of COVID-19. 2022. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/symptoms-testing/symptoms.html> (accessed 7 August 2022)
5. WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 March 2020. <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---21-december-2020> (accessed 16 March 2023)
6. Bhimraj A, Morgan RL, Shumaker AH IDSA guidelines on the treatment and management of patients with COVID-19. Infectious Diseases Society of America. <https://www.idsociety.org/practice-guideline/covid-19-guideline-treatment-and-management/> (accessed 7 August 2022)
7. Holder J. Tracking coronavirus vaccinations around the world. *New York Times*. <https://www.nytimes.com/interactive/2021/world/covid-vaccinations-tracker.html> (accessed 7 August 2022)
8. WHO. WHO coronavirus (COVID-19) dashboard. <https://covid19.who.int/> (accessed 7 August 2022)
9. Vitiello A, Ferrara F, Troiano V, la Porta R. COVID-19 vaccines and decreased transmission of SARS-CoV-2. *Inflammopharmacology.* 2021;29:1357–60. doi: 10.1007/s10787-021-00847-2. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
10. Centers for Disease Control and Prevention. Possible side effects after getting a COVID-19 vaccine. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/vaccines/expect/after.html> (accessed 7 August 2022)
11. Ho JS, Sia CH, Ngiam JN et al. A review of COVID-19 vaccination and the reported cardiac manifestations. *Singapore Med J.* 2023;64:543–9. doi: 10.11622/smedj.2021125. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
12. Al-Ali D, Elshafeey A, Mushannen M et al. Cardiovascular and haematological events post COVID-19 vaccination: a systematic review. *J Cell Mol Med.* 2022;26:636–53. doi: 10.1111/jcmm.17137. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
13. Fazlollahi A, Zahmatyar M, Noori M et al. Cardiac complications following mRNA COVID-19 vaccines: a systematic review of case reports and case series. *Rev Med Virol.* 2022;32:e2318. doi: 10.1002/rmv.2318. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]
14. Ammirati E, Cavalotti C, Milazzo A et al. Temporal relation between second dose BNT162b2 mRNA Covid-19 vaccine and cardiac involvement in a patient with previous SARS-COV-2 infection. *Int J Cardiol*

- Heart Vasc.* 2021;34:100774. doi: 10.1016/j.ijcha.2021.100774. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
15. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ.* 2021. pp. 372–n71. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)]
16. The Joanna Briggs Institute Critical Appraisal tools for use in JBI Systematic Reviews. 2017. <http://joannabriggs.org/research/critical-appraisal-tools.html> www.joannabriggs.org (accessed 5 May 2021)
17. NHLBI, NIH. Study quality assessment tools. 2021. <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/study-quality-assessment-tools> (accessed 7 August 2022)
18. Bhardwaj R, Kandoria A, Sharma R. Myocardial infarction in young adults: risk factors and pattern of coronary artery involvement. *Niger Med J.* 2014;55:44–7. doi: 10.4103/0300-1652.128161. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
19. Baronti A, Gentile F, Manetti AC et al. Myocardial infarction following COVID-19 vaccine administration: post hoc, ergo propter hoc? *Viruses.* 2022;14:1644. doi: 10.3390/v14081644. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
20. Fairweather D, Cooper LT, Blauwet LA. Sex and gender differences in myocarditis and dilated cardiomyopathy. *Curr Probl Cardiol.* 2013;38:7–46. doi: 10.1016/j.cpcardiol.2012.07.003. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
21. Ahmed SK, Mohamed MG, Essa RA et al. Global reports of myocarditis following COVID-19 vaccination: a systematic review and meta-analysis. *Diabetes Metab Syndr.* 2022;16:102513. doi: 10.1016/j.dsx.2022.102513. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
22. Elseidy SA, Awad AK, Vorla M et al. Cardiovascular complications in the post-acute COVID-19 syndrome (PACS). *Int J Cardiol Heart Vasc.* 2022;40:101012. doi: 10.1016/j.ijcha.2022.101012. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
23. Ling RR, Ramanathan K, Tan FL et al. Myopericarditis following COVID-19 vaccination and non-COVID-19 vaccination: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Respir Med.* 2022;10:679–88. doi: 10.1016/S2213-2600(22)00059-5. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
24. Chou OHI, Mui J, Chung CT et al. COVID-19 vaccination and carditis in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Clin Res Cardiol.* 2022;111:1161–73. doi: 10.1007/s00392-022-02070-7. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
25. Pillay J, Gaudet L, Wingert A et al. Incidence, risk factors, natural history, and hypothesised mechanisms of myocarditis and pericarditis following covid-19 vaccination: living evidence syntheses and review. *BMJ.* 2022;378:e069445. doi: 10.1136/bmj-2021-069445. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
26. Oster ME, Shay DK, Su JR et al. Myocarditis cases reported after mRNA-based COVID-19 vaccination in

- the US from December 2020 to August 2021. *JAMA*. 2022;327:331–40. doi: 10.1001/jama.2021.24110. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
27. Park DY, An S, Kaur A et al. Myocarditis after COVID-19 mRNA vaccination: a systematic review of case reports and case series. *Clin Cardiol*. 2022;45:691–700. doi: 10.1002/clc.23828. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
28. Lee ASY, Balakrishnan IDD, Khoo CY et al. Myocarditis following COVID-19 vaccination: a systematic review (October 2020–October 2021). *Heart Lung Circ*. 2022;31:757–65. doi: 10.1016/j.hlc.2022.02.002. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
29. Puchalski M, Kamińska H, Bartoszek M et al. COVID-19-vaccination-induced myocarditis in teenagers: case series with further follow-up. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19:3456. doi: 10.3390/ijerph19063456. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
30. Fronza M, Thavendiranathan P, Chan V et al. Myocardial injury pattern at MRI in COVID-19 vaccine-associated myocarditis. *Radiology*. 2022;304:553–62. doi: 10.1148/radiol.212559. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
31. Shiyovich A, Witberg G, Aviv Y et al. A case series of myocarditis following third (booster) dose of COVID-19 vaccination: magnetic resonance imaging study. *Front Cardiovasc Med*. 2022;9:839090. doi: 10.3389/fcvm.2022.839090. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
32. Behers BJ, Patrick GA, Jones JM et al. Myocarditis following COVID-19 vaccination: a systematic review of case reports. *Yale J Biol Med*. 2022;95:237–47. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
33. Bellos I, Karageorgiou V, Viskin D. Myocarditis following mRNA Covid-19 vaccination: a pooled analysis. *Vaccine*. 2022;40:1768–74. doi: 10.1016/j.vaccine.2022.02.017. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Articles from European Cardiology Review are provided here courtesy of **Radcliffe Cardiology**
