

SHORT COMMUNICATION

<https://doi.org/10.1590/1806-9282.20210940>

Review of the current literature regarding cardiac adverse events following COVID-19 vaccination

COVID-19 ワクチン接種後の心臓の有害事象に関する最新の文献のレビュー

TufanÇınar[*], Mert İlker Hayroğlu[], VedatÇiçek[1][]Murat Selçuk[1][], Samet Yavuz[1][], Ahmet Lütfullah Orhan[1]

はじめに

2019年の新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の原因となった重症急性呼吸器症候群コロナウイルス2(SARSCoV-2)が、中国の武漢において以下の地域で発見された。

2019年12月[1].それ以来、この疾患は世界中に広がり、パンデミックとなった。COVID-19には特異的な抗ウイルス療法がないため、感染をコントロールする上ではワクチン接種が最も効果的な手段とみられている。これまでに多くのワクチンが開発され、保健当局による即時使用が承認されている。2種類のメッセンジャーRNA(mRNA)ベースのCOVID-19ワクチン、すなわち BNT162b2 mRNA(ニューヨーク州 PfizerBioNTech)と mRNA-1273(Moderna, マサチューセッツ州ケンブリッジ)は、2020年12月に米国食品医薬品局(Food and Drug Administration: FDA)から暫定的な承認を受けて以来、数億回の接種が行われている[1]。Janssen Ad26.COVID-2.S(Johnson and Johnson, New Brunswick, NJ)と The ChAdOx1(Oxford/AstraZeneca(AZD1222))は、複製能欠損ヒトアデノウイルス 26型ベクターを用いてウイルスを導入した組換え型ワクチンである[1].これらのワクチンの副作用は一般に軽度で一過性であるが、COVID-19 ワクチン接種後に心臓の有害事象が報告される症例が急増している。その結果、このレビューの目的は、COVID-19 ワクチン接種後に報告され

た全ての心血管系有害事象とその背後にあると考えられる機序を評価することとなった。

方法

我々は PubMed, Embase, Cochrane のデータベースを検索し、2021年9月13日までに COVID-19 ワクチン接種後に報告された可能性のある全ての心臓の有害事象について、「COVID-19 ワクチン誘発性急性心筋炎」、「COVID-19 ワクチン誘発性急性傍心筋炎」、「COVID-19 ワクチン誘発性急性心筋梗塞」、「COVID-19 ワクチン誘発性 ST 上昇心筋梗塞」、「COVID-19 ワクチン誘発性急性冠動脈症候群」の検索項目を用いて検索した。このレビューでは英語で書かれた論文のみを対象とした。さらに、関連する公表文献の参考文献をレビューした後、さらなる論文を収集した。今回のレビューでは、COVID-19 ワクチン接種後に報告された心臓の有害事象のみを対象とした。文献では合計 68 例の関連症例が認められた。そのうち 61 例が COVID-19 ワクチン接種後に急性心筋炎(AM)と診断され、1 例が急性傍心筋炎、5 例が急性心筋梗塞、1 例が Kounis 症候群と診断された。

予防接種の種類

表 1 に、公表された全症例のワクチンの種類、症状の発現、および COVID-19 のポリメラーゼ連鎖反応

*本翻訳はMediTRANSTM(<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。

(PCR)陽性率を示す。COVID-19 ワクチン接種後に心臓の有害事象が発生した AM 患者の大半は、過去に mRNA ベースのワクチンの接種を受けていた。[計 65 例で、そのうち 35 例が BNT 162b2(Pfizer 社),30 例が mRNA-1273 SARS-CoV-2(Moderna 社)であった[2-15]。アデノウイルスベクター起源のワクチン接種歴があっ

た症例は 3 例のみであった[Covishield(AZD1222)による 2 例と Janssen Ad.26.COVID.S(Johnson and Johnson)による 1 例[2]]。AM 症例のほぼ全て(61 例中 60 例)が mRNA 技術を用いて作成されたワクチン接種後に診断されたものであり、それらの大多数は以下のように発現した:

表 1.公表された全症例におけるワクチンの種類、症状の発現、および COVID-19 の PCR 検査での陽性率。

	Vaccine types	Presentation after the second dose vaccine (%)	History of COVID-19? (%)	Is the patient COVID-19 polymerase chain reaction positive?	Does the patient have a nucleocapsid antibody?	Time between last vaccination and symptom onset, days
Case series ²	5 BNT162b2 (Pfizer); 1 mRNA-1273 (Moderna); 1 J&J	71	14	6/7 patients were tested, all were negative	4/7 patients tested, all were negative	3 (2-7)
Case series ³	5 BNT 162b2 (Pfizer); 3 mRNA1273 (Moderna)	88	25	All were negative	NA	3 (1-4)
Case series ⁴	BNT 162b2 (Pfizer)	83	No	All were negative	All were negative	2.5 (1-16)
Case series ⁵	2 BNT 162b2 (Pfizer), 2 mRNA1273 (Moderna)	100	No	Negative	NA	2.5 (1-5)
Case series ⁶	7 BNT 162b2 (Pfizer), 16 mRNA1273 (Moderna)	87	13	19/23 were tested, all were negative	NA	2 (1-4)
Case ⁷	BNT62b2 (Pfizer)	100	100	Negative	%100	3
Case ⁸	BNT162b2 (Pfizer)	100	No	Negative	Negative	1
Case ⁹	BNT162b2 (Pfizer)	100	No	Negative	Negative	3
Case ¹⁰	mRNA-1273 (Moderna)	100	No	Negative	NA	4
Case ¹¹	mRNA-1273 (Moderna)	100	No	Negative	Negative	1
Case ¹²	BNT62b2 (Pfizer)	100	No	Negative	Negative	1
Case ¹³	BNT62b2 (Pfizer)	100	No	Negative	Negative	3
Case ¹⁴	mRNA-1273 (Moderna)	100	No	Negative	Negative	1
Case series ¹⁵	BNT62b2 (Pfizer)	100	No	Negative	Negative	12 h-3
Case ¹⁶	BNT62b2 (Pfizer)	No*	No	Negative	Negative	1 h
Case ¹⁷	Covishield (Azd1222)	No*	No	Negative	Negative	2
Case ¹⁸	mRNA-1273 (Moderna)	No*	No	Negative	Negative	1
Case series ¹⁹	mRNA-1273 (Moderna)	No*	No	Negative	Negative	1-5
Case ²⁰	Azd1222 (Oxford University and AstraZeneca)	No*	No	Negative	Negative	2 h

*1 回目のワクチン接種後に発症。NA:該当なし。

*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を行っておりません。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。

2回目の接種から1~3日後の症状(57/61)【2-15】 AM症例とは対照的に、AMI症例の大多数(5例中4例)はmRNAワクチンの1回目の接種後に発生した[16-19]。Kounis症候群の症例は文献で1例しか報告されておらず、このアレルギー反応はCovishield(AZD1222)ワクチンの1回目の接種から2時間後に発生した[20]。興味深いことに、COVID-19のPCR検査は全症例で陰性であった。

ベースラインの臨床的特徴、心電図所見 および検査所見

表2に、公表されている全症例のベースライン特性、主症状、心電図検査、および臨床検査結果を要約する。異型母斑と診断された患者は比較的若年で、ほぼ全員が男性であった。対照的に、AMIの症例はより高齢であった。全患者に共通した愁訴は胸痛であった。AM症例の心電図所見は、虚血性変化なしから、ST上昇、PR低下、非特異的ST変化まで様々であった[2-15]。注目すべきことに、予防接種後にAMIを発症した患者では、下方誘導[16-20]でのみST上昇が認められた。ワクチン接種後に心イベントを発症した全患者でトロポニン値を測定した。いずれも基

準範囲を超えていた。脳性ナトリウム利尿ペプチド(BNP)濃度に関するデータが共有された症例はごく少数であった[2,5,10-12,13-15]。一方、C反応性タンパク(CRP)値は報告された全症例で上昇していた。COVID19感染とは対照的に、ワクチン接種後に心イベントが発生した患者の大半でリンパ球減少症は検出されなかった。

画像所見

表3に全症例の画像データ、入院治療、および転帰を示す。心エコー検査は、AMやAMIなどの疾患の診断アルゴリズムに組み込まれていたため、ほとんどの症例で実施されていた。AMI患者では全例に左室壁運動異常が認められたのに対し、AM患者では、部分的な異常を伴わない左室駆出率(LVEF)の温存から、全般的な運動減少および左室駆出率低下に至る一連の所見が認められた[2-6,8-11,13-16]。AMのほぼ全例で心臓MRIを施行したところ、心外膜下の遅延ガドリニウム増強とAMに一致する心筋浮腫が認められた[2-15]。心内膜心筋生検はAMの診断のゴールドスタンダードと考えられていたが、どの患者に対しても実施されなかった。

表2.公表された全症例のベースラインの特徴、主症状、心電図および臨床検査所見。

	年齢、性別	主症状	診断	心電図所見	検査所見
症例シリーズ【2】	24(19~30), 全症例 男性であった	胸痛は全例で認められた。 42%に非特異的的症状がみられた	AM	4例でST上昇が認められた。 1例で非特異的なST/T変化が認められた	リンパ球減少症:- CRP:71%で上昇 トロポニン:全例で上昇 BNP:50%で上昇
症例シリーズ【3】	29(21-56),全症例 男性であった	胸痛は全例で認められた。 63%に非特異的的症状がみられた	AM	6名の患者にST上昇が認められ、1名にST上昇患者にはT波の尖鋭化がみられたが、1人の患者の心電図は正常であった	リンパ球減少症:- CRP:88%で上昇 トロポニン:全例で上昇
症例シリーズ【4】	22(16-45),全症例 男性であった	胸痛は全例で認められた。 33%に非特異的的症状がみられた	AM	全例でST上昇が認められた	リンパ球減少症:- CRP:全例で上昇 トロポニン:全例で上昇

症例シリーズ【5】	30(23~70)症例の75%が男性であった	胸痛は全例で認められた。 33%に非特異的症状がみられた	AM	全例でST上昇、2例でPR低下が認められた	リンパ球減少症:- CRP:全例で上昇 トロポニン:全例で上昇 BNP:50%で上昇
症例シリーズ【6】	25(20-51),全症例男性であった	胸痛は全症例で認められた	AM	23例中19例でST上昇、T波逆転、および非特異的ST変化が認められた	リンパ球減少症:- CRP:NA トロポニン:全例で上昇
症例[7]	56,男性	胸痛	AM	ST上昇	リンパ球減少症:- CRP:上昇 トロポニン:上昇

表 2.続き

		年齢、性別による症状の発現	診断	心電図検査の所見所見	
症例[8]	39,男性	胸痛、筋肉痛、疲労、発熱	AM	ST上昇	リンパ球減少症:- CRP:NA トロポニン:上昇
症例[9]	30,男性	胸痛、筋肉痛、疲労、発熱	AM	ST上昇	リンパ球減少症:- CRP:上昇 トロポニン:上昇
症例[10]	24,男性	胸痛、筋肉痛、疲労、発熱	AM	虚血性変化なし	リンパ球減少症:- CRP:上昇 トロポニン:BNP 高値: 正常
症例[11]	52,男性	胸痛、筋肉痛、疲労、発熱	AM	不完全な右脚ブロックおよび左軸偏位	リンパ球減少症:- CRP:上昇 トロポニン:高値 BNP: 高値
症例[12]	66,男性	胸痛、筋肉痛、疲労、発熱	AM	ST上昇	リンパ球減少症:- CRP:NA トロポニン:上昇
症例[13]	24,男性	胸痛、筋肉痛、疲労、発熱	AM	虚血所見なし	リンパ球減少症:- CRP:上昇 トロポニン:高値 BNP: 高値
症例[14]	34,男性	胸痛、筋肉痛、疲労、発熱	AM	側方PR低下およびPR上昇およびST上昇とともにaVRにも反映されるST上昇 うつ病	リンパ球減少症:- CRP:上昇 トロポニン:高値 BNP: 高値
症例シリーズ【15】	15および22,全症例男性であった	胸痛、筋肉痛、疲労、発熱	AMおよび急性心筋心膜炎	側方誘導でJ点が増大し、わずかに幅が広がる虚血所見を伴わないQRS波	リンパ球減少症:- CRP:上昇 トロポニン:高値 BNP: 高値

症例[16]	86,男性	胸痛、筋肉痛、疲労、発熱	STEMI 患者	ST 上昇下壁	リンパ球減少症:- CRP:NA トロポニン:NA BNP:NA
症例[17]	63,男性	胸痛、筋肉痛、疲労、発熱	STEMI 患者	II,III,および aVF 誘導での ST 上昇	リンパ球減少症:NA CRP:NA トロポニン:上昇
症例[18]	96,女性	胸痛、筋肉痛、疲労、発熱	STEMI 患者	前壁および下方誘導での ST 上昇	リンパ球減少症:NA CRP:NA トロポニン:上昇
症例シリーズ【19】	42 および 68 症例の 50%が男性であった	胸痛	STEMI および AMI	II,III,および aVF 誘導での ST 上昇	リンパ球減少症:NA CRP:NA トロポニン:上昇
症例[20]	62,女性	胸痛	Kounis 症候群	下方誘導での ST 上昇 (II 期、III 期、および AVF 期)および相反性 I 誘導および AVL 誘導における ST 低下	リンパ球減少症:NA CRP:NA トロポニン:上昇

AM:急性心筋炎、CRP:C 反応性タンパク、BNP:脳性ナトリウム利尿ペプチド、STEMI:ST 上昇型心筋梗塞、AMI:急性心筋梗塞、NA:該当なし

表 3.公表された全症例の画像所見、院内治療、および転帰

	心エコー所見(%)	心臓 MRI 所見	中央値 入院 日(範囲)	院内治療(%)
症例シリーズ【2】	異常 57 例[軽度の運動減少 3 例、減少 1 例] 左室駆出率、軽度の左室拡大 1 回],43 例は正常。	全症例に LGE があり、1 例に壁運動がみられた 3 例に T2 領域の心筋浮腫がみられた	3(2-4)	43 人が NSAID,43 人がコルヒチン、43 人がファモチジン、14 人がステロイド
症例シリーズ【3】	全例に局所または全身性の運動減少を伴う運動異常が認められた	全例に LGE が認められ、6 例に心筋浮腫が認められた	全例が安定(stable)と報告された	NSAID 併用で 38 例、コルヒチン併用で 25 例、コルヒチン併用で 13 例 ステロイド
症例シリーズ【4】	2/6 は壁運動低下を認めるが左室駆出率は維持、4/6 は以下を認める: 左室駆出率正常	全例に軽度の心外膜下浮腫と LGE が認められた。	6(4-8)	100(NSAID およびコルヒチン併用時)
症例シリーズ【5】	左室駆出率が 40 であった患者 1 名と、正常であった他の患者	全症例で LGE がみられ、T1 および T2 の強度が上昇していた	3(2-4)	NSAID 併用で 50 例、コルヒチン併用で 75 例、コルヒチン併用で 25 例 ステロイド
症例シリーズ【6】	23 例中 4 例で左室駆出率が 50 未満であった	全症例で心外膜下に病変が認められた LGE または局所心筋	なし	なし

*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おりません。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。

		浮腫		
症例[7]	なし	LGE および T2 強調画像での心筋浮腫	7	なし
症例[8]	左室駆出率正常	心外膜下の増強	6	抗炎症薬
症例[9]	異常壁運動異常および軽度の心膜胸水	心筋の心外膜下 LGE	7	β 遮断薬、アセチルサリチル酸、ステロイド
症例[10]	左室駆出率正常	浮腫を伴う心筋中部および心外膜の斑状の LGE	なし	β 遮断薬
症例[11]	壁運動異常はなく、左室駆出率は維持された	心筋および心外膜下に軽度の線状影および結節性 LGE および軽度の運動減少	4	ACE 阻害薬、β 遮断薬
症例[12]	左室駆出率の低下 44	T2 強調像および心外膜下の浮腫 縦隔側方領域の造影増強	なし	なし
症例[13]	左室駆出率正常	心外膜下の以下の部位における増強: 側壁	なし	なし
症例[14]	心嚢液貯留を伴わない左室駆出率の低下 43	前外側および内側の心外膜下 LGE 下外側分節のほか、T2 で斑状の心筋浮腫	5.	高用量アスピリン、コルヒチン、ACE 阻害薬、β 遮断薬
症例シリーズ【15】	左室駆出率正常	なし	2	アスピリン、NSAID、およびコルヒチン
症例[16]	なし	なし	生存しなかった	バルーン血管形成術および糖タンパク質 IIb/IIIa 受容体阻害薬(エプチフィバチド [eptifibatide])

表 3. 続き

	心エコー所見(%)	心臓 MRI 所見	中央値入院日(範囲)	院内治療(%)
症例[17]	左室駆出率 50%で下壁運動低下	なし	5.	150 万 IU のストレプトキナーゼで血栓溶解、および抗血小板薬および狭心症治療薬

*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おりません。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。

症例[18]	前壁および下壁の壁運動低下と左室駆出率 35%	なし	3	ヘパリン
症例シリーズ【19】	左室駆出率 50%かつ前外側・後外側の壁運動低下 下外側壁および左室駆出率 60%,下壁および下外側壁の運動低下を伴う	なし	2-7.	PCI 期
症例[20]	下壁運動異常および左室駆出率の維持	なし	3	PCI 期

MRI:磁気共鳴画像法;LVEF:左室駆出率;LGE:ガドリニウム遅延造影;NA:該当なし;NSAID:非ステロイド系抗炎症薬
抗炎症薬;PCI:percutaneous coronary intervention(経皮的冠動脈インターベンション)。

院内での治療と転帰

COVID-19 ワクチン接種後に急性劇症心筋炎が発生した症例は報告されていない。報告された AM 症例の大半は平均 3-5 日間入院したが、全員が問題なく退院した[2-5,7-9,11,14,15]。AM の治療では、高用量アスピリン、コルヒチン、β 遮断薬、およびステロイドが最も好まれた[1-5,12,14]。AMI を発症した患者には、抗虚血・抗凝集療法に加えて、一次治療として経皮的冠動脈インターベンションが施行された[16-20]。[AMI の全症例は、入院中に死亡した 86 歳の男性患者[16]を除き、無事退院した。

考察

AM は一般にワクチン接種後のまれな有害作用と考えられている。報告によると、過去に報告されたワクチン接種後の異型母斑症例の大半は無症状であり、ワクチン接種前後のルーチンのトロポニン値評価によって発見された[21]。しかしながら、我々のレビューでは、COVID-19 ワクチン接種後に記録された症例は全て症候性であった。このことは、無症状の個人が同定されない可能性があり、その結果、予防接種後の心イベントが予測よりも有意に多くなる可能性があることを意味している。

COVID-19 ワクチン接種による異型母斑の原因は十分に解明されていないが、病態生理学的に説明できる可能性がいくつか提唱されている。遺伝的脆弱性を有する一部の人では、mRNA ベースの COVID-19 ワクチンに対する免疫応答が制御不能になり、その結果とし

*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ありません。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。

て先天性および獲得免疫応答の異常が活性化する可能性があると考えられてきた[22]。また、mRNA に曝露された樹状細胞と Toll 様受容体発現細胞はいずれも、特定の人ではサイトカインを産生できる可能性があるが、修飾されていないRNAではなくヌクレオシドが変化した mRNA に曝露された場合には、サイトカイン産生能が著しく低下する可能性がある[22]。その結果、免疫系がその mRNA を抗原として認識することで、炎症および免疫経路の過剰な活性化がもたらされ、それが全身反応の一部として特定の人々における異型母斑の発生に何らかの役割を果たしている可能性がある[22]。

ワクチン接種中にアレルギー反応が発生することがあり、これはワクチン関連の有害作用に分類できる。反応がワクチン接種によるものか、他の原因によるものかを判断することは常に困難である。アジュバントは通常、安定性、溶解性、および吸収を高めるためにワクチンに含まれており、免疫後に IgE 媒介性アナフィラキシー反応を引き起こす可能性がある。これは、COVID-19 ワクチン接種後に発生した AMI の原因の 1 つである可能性がある。公表された全ての AMI 症例の訴えがワクチン接種の初回投与後間もなく始まったという事実は、この仮説を支持するものである。Warkentin らが提唱しているように、AMI の別の原因としてワクチン誘発性のプロトロンビン免疫性血小板減少症があり、これはヘパリン誘発性血小板減少症と類似しており、血栓性の症状を引き起こす[23]。

将来の展望

世界中で数億件の COVID-19 ワクチン接種が行われているという事実にもかかわらず、確認された症例数から、ワクチン関連の心臓への副作用が「非常にまれ」と解釈されることが裏付けられている。また、心臓関

連の有害事象が発生した患者の大半では、症状と画像所見の両方が完全に回復していたことも明確に示された。さらに、COVID-19 ワクチン接種と心イベントとの間に因果関係は認められていないため、COVID-19 ワクチン接種の有効性は考えられるいくつかの欠点をはるかに上回っていることを強調しておく必要がある。したがって、COVID-19 ワクチン接種の前後における AM,AMI,その他の心イベントに関するさらなる研究により、ワクチン接種の長期的な影響や発生率の算出に関する文献が充実することになる。

著者の貢献

TC: Conceptualization, Formal Analysis, Writing – original draft, Writing – review & editing. MIH: Conceptualization, Formal Analysis, Writing – review & editing. ALO: Supervision, Formal Analysis, Writing – review & editing. VC: Data curation, Funding acquisition, Resources, Writing – review & editing. MS: Data curation, Funding acquisition, Resources, Writing – review & editing. SY: Funding acquisition, Resources, Writing – review & editing.

REFERENCES

- Hippisley-Cox J, Coupland CA, Mehta N, Keogh RH, Diaz-Ordaz K, Khunti K, et al. Risk prediction of covid-19 related death and hospital admission in adults after covid-19 vaccination: national prospective cohort study. *BMJ*. 2021;374:n2244. <https://doi.org/10.1136/bmj.n2244>
- Rosner CM, Genovese L, Tehrani BN, Atkins M, Bakhshi H, Chaudhri S, et al. Myocarditis temporally associated with COVID-19 vaccination. *Circulation*. 2021;144(6):502-5. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.121.055891>
- Larson KF, Ammirati E, Adler ED, Cooper LT Jr, Hong MN, Saponara G, Couri D, Cereda A, Procopio A, Cavalotti C, Oliva F, Sanna T, Ciccone VA, Onyango G, Holmes DR, Borgeson DD. Myocarditis After BNT162b2 and mRNA-1273 Vaccination. *Circulation*. 2021;144(6):506-8. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.121.055913>
- Abu Mouch S, Roguin A, Hellou E, Ishai A, Shoshan U, Mahamid L, et al. Myocarditis following COVID-19 mRNA vaccination. *Vaccine*. 2021;39(29):3790-3. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2021.05.087>
- Kim HW, Jenista ER, Wendell DC, Azevedo CF, Campbell MJ, Darty SN, Parker MA, Kim RJ. Patients with acute myocarditis following mRNA COVID-19 vaccination. *JAMA Cardiol*. 2021;6(10):1196-201. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2021.2828>
- Montgomery J, Ryan M, Engler R, Hoffman D, McClenathan B, Collins L, et al. Myocarditis following immunization with mRNA COVID-19 vaccines in members of the us military. *JAMA Cardiol*. 2021;6(10):1202-6. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2021.2833>
- Ammirati E, Cavalotti C, Milazzo A, Pedrotti P, Soriano F, Schroeder JW, 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*. 2021:100778. <https://doi.org/10.1016/j.ijcha.2021.100778>
- García JB, Ortega PP, Fernández JAB, León AC, Burgos LR, Dorta EC. Acute myocarditis after administration of the BNT162b2 vaccine against COVID-19. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*. 2021;74(9):812-4. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2021.04.005>
- D'Angelo T, Cattafi A, Carerj ML, Booz C, Ascenti G, Cicero G, et al. Myocarditis after SARS-CoV-2 vaccination: a vaccine-induced reaction? *Can J Cardiol*. 2021;S0828-282X(21)00286-5. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2021.05.010>
- Albert E, Aurigemma G, Saucedo J, Gerson DS. Myocarditis following COVID-19 vaccination. *Radiol Case Rep*. 2021;16(8):2142-5. <https://doi.org/10.1016/j.radcr.2021.05.033>
- Muthukumar A, Narasimhan M, Li QZ, Mahimainathan L, Hitto I, Fuda F, et al. In-depth evaluation of a case of presumed myocarditis after the second dose of COVID-19 mRNA vaccine. *Circulation*. 2021;144(6):487-98. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.121.056038>
- Gautam N, Saluja P, Fudim M, Jambhekar K, Pandey T, Al'Aref S. A late presentation of COVID-19 vaccine-induced myocarditis. *Cureus*. 2021;13(9):e17890. <https://doi.org/10.7759/cureus.17890>
- Singh B, Kaur P, Cedeno L, Brahimi T, Patel P, Virk H, Shamoan F, Bikkina M. COVID-19 mRNA Vaccine and Myocarditis. *Eur J Case Rep Intern Med*. 2021;8(7):002681. https://doi.org/10.12890/2021_002681
- Williams CB, Choi JI, Hosseini F, Roberts J, Ramanathan K, Ong K. Acute Myocarditis Following mRNA-1273 SARS-CoV-2 Vaccination. *CJC Open*. 2021 Jul 14. <https://doi.org/10.1016/j.cjco.2021.07.008>
- Hudson B, Mantooth R, DeLaney M. Myocarditis and pericarditis after vaccination for COVID-19. *J Am Coll Emerg Physicians Open*. 2021;2(4):e12498. <https://doi.org/10.1002/emp2.12498>
- Tajstra M, Jaroszewicz J, Gąsior M. Acute coronary tree thrombosis after vaccination for COVID-19. *JACC Cardiovasc Interv*. 2021;14(9):e103-4. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2021.03.003>
- Chatterjee S, Ojha UK, Vardhan B, Tiwari A. Myocardial infarction after COVID-19 vaccination-casual or causal? *Diabetes Metab Syndr*. 2021;15(3):1055-6. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2021.04.006>
- Boivin Z, Martin J. Untimely myocardial infarction or COVID-19 vaccine side effect. *Cureus*. 2021;13(3):e13651. <https://doi.org/10.7759/cureus.13651>

Cardiac adverse events after COVID-19 vaccination

- Sung JG, Sobieszczyk PS, Bhatt DL. Acute myocardial infarction within 24 hours after COVID-19 vaccination. *Am J Cardiol*. 2021;156:129-31. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2021.06.047>
- Maadarani O, Bitar Z, Elzouey M, Nader M, Abdelfatah M, Zaalouk T, et al. Myocardial infarction post COVID-19 vaccine – coincidence, Kounis syndrome or other explanation – time will tell. *JRSM Open*. 2021;12(8):20542704211025259. <https://doi.org/10.1177/20542704211025259>
- Cassimatis DC, Atwood JE, Engler RM, Linz PE, Grabenstein JD, Vernafis MN. Smallpox vaccination and myopericarditis: a clinical review. *J Am Coll Cardiol*. 2004;43(9):1503-10. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2003.11.053>
- Karikó K, Buckstein M, Ni H, Weissman D. Suppression of RNA recognition by Toll-like receptors: the impact of nucleoside modification and the evolutionary origin of RNA. *Immunity*. 2005;23(2):165-75. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2005.06.008>
- Warkentin TE, Greinacher A. Spontaneous HIT syndrome: knee replacement, infection, and parallels with vaccine-induced immune thrombotic thrombocytopenia. *Thromb Res*. 2021;204:40-51. <https://doi.org/10.1016/j.thromres.2021.05.018>

ERRATUM

<https://doi.org/10.1590/1806-9282.20210940ERRATUM>

In the manuscript "Review of the current literature regarding cardiac adverse events following COVID-19 vaccination", DOI: 10.1590/1806-9282.20210940, published in the Rev Assoc Med Bras. 2021;67(12):1751-1757, on page 1751:

Where it reads:

Mert İlker Hayıroğlu

It should read:

Mert İlker Hayıroğlu

