

Konstriktivní perikarditida po očkování proti SARS-CoV-2 – kazuistika a přehled literatury

(Constrictive pericarditis after SARS-CoV-2 vaccination: a case report and literature review)

Veronika Šimovičová^a, Marcela Danková^a, Erika Drangová^b, Michal Hulman^c,
Eva Gonçalvesová^a

^a Kardiologická klinika, Lekárska fakulta Univerzita Komenského v Bratislave a Národný ústav srdcových a cievnych chorôb a.s., Bratislava, Slovenská republika

^b Oddelenie diagnostickej a intervenčnej rádiológie, Národný ústav srdcových a cievnych chorôb a.s., Bratislava, Slovenská republika

^c Klinika kardiochirurgie, Lekárska fakulta Univerzita Komenského v Bratislave a Národný ústav srdcových a cievnych chorôb a.s., Bratislava, Slovenská republika

INFORMACE O ČLÁNKU

Historie článku:

Vložen do systému: 3. 12. 2024

Přijat: 23. 12. 2024

Dostupný online: 4. 6. 2025

Klíčové slová:

Konstriktivní perikarditida

Očkování proti covidu-19

Perikardiektómia

SÚHRN

Konstriktivní perikarditida po očkování proti SARS-CoV-2 je pravdepodobne veľmi zriedkavá a vyznačuje sa pomerne závažnou klinickou manifestáciou. Opisujeme prípad 42-ročného pacienta, bez závažného predchorobia, ktorý prekonal perimyokarditídu po druhom očkovaní proti covidu-19. Tá bola liečená nesteroidnými antiflogistikami. Po polroku od epizódy perimyokarditídy sa u pacienta manifestovali znaky a príznaky srdcového zlyhávania. Bolo vyslovené podozrenie na konstriktívnu perikarditídu. Diagnózu sme potvrdili echokardiograficky, kde boli typické prejavy konstriktie a CT srdca s nálezom zhrubnutého perikardu s kalcifikátmi. U pacienta bola indikovaná perikardiektómia s parciálnou resekcíou perikardu pre lokálne výrazné zrasty perikardu a epikardu, ktoré bránili totálnej perikardiektómii. Výkon mal dobrý hemodynamický aj klinický výsledok.

© 2025, ČKS.

ABSTRACT

Constrictive pericarditis following SARS-CoV-2 vaccination is likely to be very rare and is characterized by a relatively severe clinical manifestation. We describe the case of a 42-year-old patient, without significant comorbidities, who developed perimyocarditis after the second dose of the COVID-19 vaccine. It was treated with nonsteroidal anti-inflammatory drugs. Six months after the perimyocarditis episode, the patient presented signs and symptoms of heart failure. A suspicion of constrictive pericarditis was raised. The diagnosis was confirmed by echocardiography, which showed typical signs of constriction, and cardiac CT, revealing a thickened pericardium with calcifications. Pericardiectomy with partial resection of the pericardium was indicated due to local significant adhesions between the pericardium and epicardium, which prevented total pericardiectomy. The procedure resulted in good hemodynamic and clinical outcomes.

Keywords:

Constrictive pericarditis

COVID-19 vaccination

Pericardiectomy

Adresa pro korespondenci: MUDr. Marcela Danková, PhD., Kardiologická klinika, Lekárska fakulta Univerzita Komenského v Bratislave a Národný ústav srdcových a cievnych chorôb a.s., Pod Krásnou hôrkou 1, 833 48 Bratislava, Slovenská republika, e-mail: marcela.dankova@nusch.sk

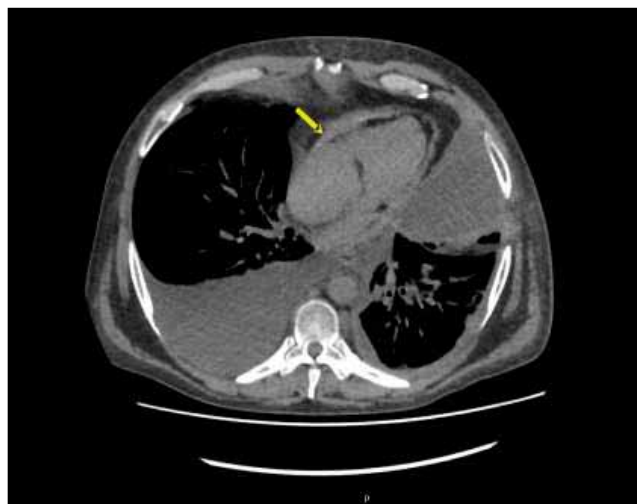
DOI: 10.33678/cor.2024.107

Úvod

Konstriktívna perikarditída po očkovaní proti SARS-CoV-2 je pravdepodobne veľmi zriedkavá. Nie je jasný jej reálny výskyt. V literatúre je opísaných niekoľko prípadov. Aj keď jej výskyt nie je častý, klinická manifestácia je závažná. Manifestuje sa rozvojom syndrómu srdcového zlyhávania s nízkym minútovým objemom. Dôležitá je včasná diagnostika a terapia. V niektorých prípadoch je potrebná chirurgická perikardiektómia.

Popis prípadu

42-ročný pacient bez závažnejšieho predchorobia prekoná lete v lete 2021 perimyokarditídu, ktorá bola diagnostikovaná týždeň po druhej dávke mRNA vakcíny proti covidu-19. Odporúčaná bola terapia nesteroidnými antiflogistikami. Dodatočne udával, že rovnaké ťažkosti – bolesti na hrudníku, palpitácie – mal aj po prvej dávke vakcíny. Pre krátke trvanie a spontánny ústup ťažkostí tomu nevenoval pozornosť. Koncom roka 2021 sa začal zadýchavať pri námahe, postupne netoleroval horizontálnu polohu, pozoroval rýchly nárast veľkosti brucha. Bol hospitalizovaný. Po rozsiahlej diferenciálnej diagnostike, kedy boli vylúčené infekčná, hepatologická, onkologická, endokrinologická príčina, bol stav hodnotený ako polyserozitída. V kontexte prekonanej perimyokarditídy sa vyslovovalo podozrenie na konstriktívnu perikarditídu. Pacient bol následne hospitalizovaný. Pri vstupnom vyšetrení bol pacient funkčne na úrovni triedy NYHA IV, mal zvýšenú náplň pulzujúcich jugulárnych vén s Kussmaulovým príznakom a výrazné kongestívne prejavy dominantne vo veľkom obehú (ascites, obojstranný fluidothorax, opuchy nôh). Na EKG (**obr. 1**) bol prítomný sínusový rytmus, horizontálne depresie ST vo V_3 – V_6 a nízka voltáž. V laboratórnom náleze ľahko zvýšený C-reaktívny proteín (CRP), mierna leukocytóza, elevácia N-terminálneho faktora natriuretického propetidu typu B (NT-proBNP), hepatálnych enzýmov a nízka saturácia O_2 vo venóznej krvi. Echokardiografickým vyšetrením sme zobrazili zhrubnutý perikard s perikardiálnym výpotkom, „septal bounce“,

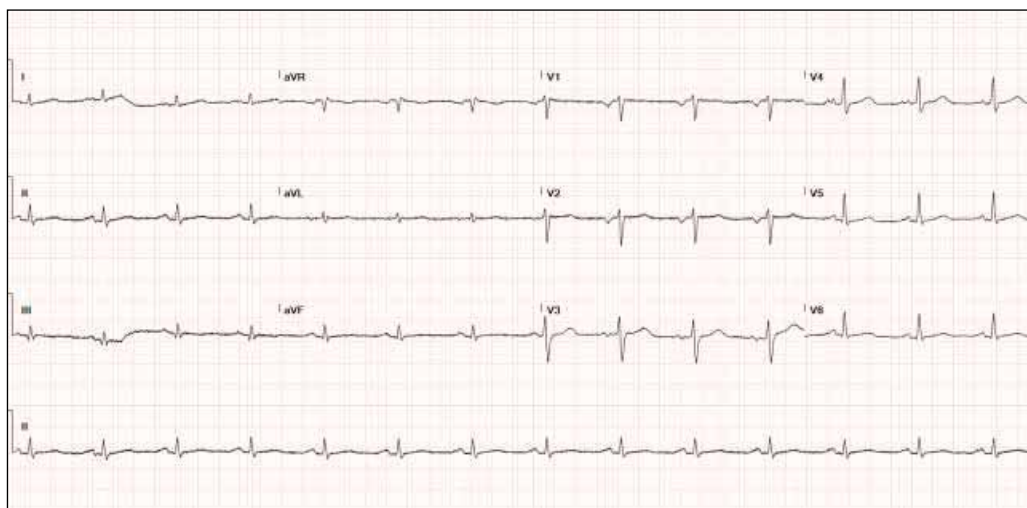


Obr. 2 – CT – punktiiformné kalcifikáty perikardu (šípka).

znaky konstriktie, ľahkú dysfunkciu PK, dilatované predsieňové a dilatovanú dolnú dutú žilu (VCI) bez respiračne podmienenej variability. Výpočtová tomografia (CT) srdca (**obr. 2**) potvrdila zhrubnutý denzný perikard s niekoľkými kalcifikátmi do 6 mm. Na základe výsledkov vyšetrení



Obr. 3 – Histologický obraz perikardu, zväčšenie 100x.



Obr. 1 – EKG pri prijatí.

Tabuľka 1 – Prehľad doteraz publikovaných kauzistik postvákcináčnej konstriktívnej perimyokarditídy

Autor	Pohlavie/ Vek	Vakcína a dávka	Dg. perí(myo)- karditídy do 1 mesiaca od vakcinácie	Doba od vakcinácie po dg. konstrikcie	Prejavy SZ, NYHA	Relevantné komorbidity	Dg. metódy	Perikar- diektómia	Histologický nález
Diana D. ¹⁷	M/75	Moderna, 2d.	N	1m	VOK	AHT, CHOCHP	ECHO, MR	n.a.	n.a.
Diana D. ¹⁷	M/68	Moderna, 2d.	N	2m	VOK	KCH, AHT, DLP, CKD	ECHO, CT	n.a.	n.a.
Bain E. ¹⁸	M/19	Pfizer, 2d.	N	2t	VOK, dýchavica	n.a.	CT, katetrizácia, MR	A	Fibróza
Hajsadeghi S. ¹⁹	M/72	Inaktiv. vírus, vakcína, 3d.	N	1m	VOK, dýchavica, NYHA IV	KCH, CMP, DM, AHT	ECHO, CT, MR, katetrizácia	A	Kalcifikovaný perikard
Viani GM. ²⁰	M/59	Pfizer, 2d.	A, 5D	5D	VOK	DM	ECHO, MR	N	n.a.
Federico C. ²¹	M/32	Moderna, 2d.	A, 2D	2D	dýchavica	n.a.	ECHO, MR	N	n.a.
Nakanishi Y. ²²	F/70	mRNA, 2d.	N	1m	VOK, dýchavica	DM, AHT, DLP, fibróza pľúc	ECHO, CT, katetrizácia, MR	N	n.a.
Misumi I. ²³	M/59	Pfizer, 1d.	A, 5D	3m	Dýchavica	Syst. skleróza	ECHO	N	n.a.
Demirtas H. ²⁴	M/28	Pfizer, 2d.	N	4m	VOK	n.a.	ECHO, CT, katetrizácia	A	n.a.
Sharma S. ²⁵	M/59	Moderna, 2d.		2t	VOK, NYHA III	AHT, DM	ECHO, MR, katetrizácia	A	fibróza
Hysli I. ²⁶	M/63	Pfizer, 1d.	A, 3D	3m	VOK, NYHA III	PAO, EAP	ECHO, MR, katetrizácia	A	Nešpecifická zá- palová infiltrácia
Penmetza M. ²⁷	M/42	Pfizer, 2d.	N	3t	dýchavica	n.a.	ECHO, MR	N	n.a.
Náš pacient	M/42	Moderna, 2d.	A, 2T	12m	VOK, NYHA IV	n.a.	ECHO, CT	A	Fibróza

A – áno; AHT – arteriálna hypertenzia; CKD – chronická obličková choroba; CMP – cieвна mozgová príhoda; CT – výpočtová tomografia; d – dávka; D – deň; DLP – dyslipidémia; DM – diabetes mellitus; EAP – embolizácia do arteria pulmonalis; ECHO – echokardiografia; F – žena; CHOCHP – chronická obštrukčná choroba pľúc; KCH – koronárna choroba; m – mesiac; M – muž; MR – magnetická rezonancia; N – nie; n.a. – neuvedené; NYHA – New York Heart Association; t – týždeň; PAO – periférne arteriálne ochorenie; VOK – veľkoobehová kongescia.

sme stav hodnotili ako konstriktívnu perikarditídu, u pacienta bola indikovaná perikardiektómia. Vzhľadom na to, že perikard bol intímne zrastený s epikardom, sa podarila len parciálna resekcia perikardu. Histologicky bol perikard výrazne väzivo zhrubnutý, s proliferáciou hypocelulárneho denzného hyalizovaného kolagénového spojiva, boli zavzaté dilatované kapiláry. Zápalový infiltrát nebol signifikantne zmnožený (**obr. 3**). Pri kontrolnom ambulantnom vyšetrení 3 mesiace po operácii bol pacient funkčne na úrovni NYHA II, nemal prítomné klinické známky retencie tekutín, v 6-minútovom teste chôdzou prešiel 440 m, Borg 2. Echokardiograficky pretrvávala dilatácia oboch predsiení, PK s redukovanou funkciou a vysoké pľnacie tlaky oboch komôr.

Prehľad doteraz publikovaných prípadov

Doteraz bolo v literatúre opísaných 12 prípadov konstriktívnej perikarditídy asociovannej s očkovaním proti covidu-19, pacient z nášho prípadu je trinásty. V opísaných prípadoch sme hodnotili vek, pohlavie, typ a dávku vakcíny, po ktorej boli zaznamenané ťažkosti, dobu od vakcinácie po diagnózu peri(myo)karditídy, dobu od vakcinácie po diagnózu konstriktívnej perikarditídy, prítomnosť kongestívnych prejavov a funkčnú triedu NYHA, prítomnosť relevantných komorbidít, diagnostické modalita, ktorými sa diagnóza konstriktívnej perikarditídy potvrdila, či pacient absolvoval perikardiektómiu a aký bol histologický nález perikardu (**tabuľka 1**). Nebolo možné zistiť uvedené informácie u všetkých opísaných pacientov. Z opísaných prípadov bolo 12 mužov a 1 žena. Jednalo sa skôr o starších pacientov, priemerný vek bol 52,9 rokov, len 5 pacienti boli mladší ako 50 rokov. Títo 5 pacienti nemali v osobnej anamnéze žiadnu relevantnú komorbiditu. U pacientov starších ako 50 rokov (8 pacientov) bola najčastejšia komorbidita arteriálna hypertenzia (u 5 pacientov), 4 mali diabetes mellitus, 3 pacienti mali ochorenie pľúc. Až na jedného pacienta, ktorý bol očkovaný inaktivovanou vírusovou vakcínou, boli všetci očkovaní mRNA vakcínou. Len u 5 pacientov došlo v krátkom časovom období po podaní vakcíny k rozvoju ťažkostí a diagnostike peri(myo)karditídy. Diagnóza konstriktívnej perikarditídy bola stanovená maximálne do 12 mesiacov od očkovania. Všetci pacienti mali v čase prijímu na hospitalizáciu rozvinutý syndróm srdcového zlyhávania dominantne s prejavmi veľkoo-

behovej kongescie, tiež boli funkčne významne limitovaní. Z diagnostických vyšetrovacích metód každý pacient absolvoval echokardiografické vyšetrenie, magnetická rezonancia bola realizovaná 9 pacientom, u 6 pacientov aj CT srdca a obojstranná katetrizácia. U 6 pacientov bola potrebná perikardiektómia. Histologický nález z perikardu bol nešpecifický, s nálezom fibrózneho tkaniva, kalcifikátov alebo zápalovej infiltrácie.

Diskusia

Je známe, že myoperikarditída môže byť jednou zo zriedkavých komplikácií očkovania. Avšak po začatí očkovania mRNA vakcínou proti covidu-19 začali pribúdať hlásenia o myoperikarditíde, hlavne u adolescentov a mladých dospelých.¹

Mechanizmus vzniku perikarditídy či myokarditídy po očkovaní vakcínou mRNA proti covidu-19 nie je jednoznačne stanovený. Existujú viaceré hypotézy.^{2,3} Rozdiel medzi pohlaviami možno vysvetliť prozápalovým účinkom testosterónu u mužov, na rozdiel od protizápalového účinku estrogénu u žien.⁴

Celkový výskyt myoperikarditídy v bežnej populácii po podaní vakcín proti covidu-19 sa udáva 18,2 prípadov na milión dávok vakcíny, pričom súhrnný výskyt myoperikarditídy pre vakcíny proti covidu-19 a iné ako covid-19 je približne rovnaký. Pri vakcínach proti covidu-19 bol vyšší výskyt myoperikarditídy u tých, ktorí dostali vakcínu mRNA (22,6 prípadov na milión dávok) v porovnaní s tými, ktorí dostali vakcínu bez mRNA (7,9 prípadov na milión dávok).¹ Náchyľnejší na vznik myoperikarditídy po očkovaní proti covidu-19 sú muži a mladšie vekové skupiny.⁵ Najvyšší výskyt myokarditídy bol zaznamenaný po druhom očkovaní (83 zo 117 pacientov bolo vo veku ≤ 30 rokov a len 15 zo 117 pacientov boli ženy).⁶

Ako myoperikarditída sa označuje perikarditída so známym alebo klinicky suspektným sprievodným postihnutím myokardu. Myokardiálne postihnutie sa zvyčajne potvrdí magnetickou rezonanciou. Klinicky sa manifestuje bolesťou na hrudníku, ktorú môžu sprevádzať príznaky ako perikardiálny treť šelest, elevácia segmentu ST na EKG a perikardiálny výpotok. Zároveň je prítomná elevácia markerov myokardiálneho poškodenia – troponínov.⁷

Perikarditída súvisiaca s očkovaním proti covidu-19 sa typicky prejavuje miernymi klinickými príznakmi u mladých jedincov mužského pohlavia niekoľko dní po druhej alebo tretej dávke vakcíny a väčšinou sa vyznačuje rýchlym úplným zotavením.⁸ Zdá sa, že u niektorých pacientov nedochádza ku kompletnému vyhojeniu, ale stav progresuje a rozvíja sa konstriktívna perikarditída.

Podobne je to aj pri myokarditíde po očkovaní proti covidu-19. Symptómy sa väčšinou prejavujú v priebehu prvých dní po podaní druhej vakcíny.⁹ Klinický obraz a závažnosť myokarditídy je rôzna. Najčastejšie symptómy, ktorými sa manifestuje myokarditída, sú bolesť na hrudníku, dýchavica, palpitácie alebo synkopa.¹⁰ Niektorí pacienti môžu mať aj asymptomatický priebeh.¹¹ V súčasnosti nie sú dostupné údaje, či a u koľkých pacientov s prekonanou myokarditídou po vakcinácii dôjde k vývoju do chronického kardiálneho postihnutia. V krátkodobom sledovaní sa preukázalo zlepšenie alebo normalizácia ejekčnej frakcie

ľavej komory u takmer všetkých pacientov po myokarditíde.¹² Údaje zo strednodobého (5 – 6 mesiacov) sledovania malého počtu pacientov preukázali normalizáciu koncentrácií troponínu, žiadne reziduálne srdcové symptómy alebo funkčné poškodenie a žiadne srdcové príhody.^{13,14} Na to, aby sa zistilo pretrvávanie poškodenia myokardu, eventuálne vývoj srdcového zlyhávania či akútnych kardiovaskulárnych príhod, je potrebné dlhodobé sledovanie tejto skupiny pacientov.

Výskyt konstriktívnej perikarditídy je relatívne zriedkavý.¹⁵ V literatúre sa uvádza rozvoj chronickej konstriktívnej perikarditídy po epizóde akútnej perikarditídy u 1,8 % pacientov. Nižší výskyt bol u pacientov s idiopatickou/vírusovou perikarditídou ako u pacientov s neidiopatickou/nevírusovou.¹⁶ Reálny výskyt konstriktívnej perikarditídy po akútnej perikarditíde asociovanej s očkovaním proti covidu-19 nie je známy. Rovnako tak aj výskyt konstriktívnej perikarditídy pri alebo po prekonaní ochorenia covidu-19 nie je známy. V oboch prípadoch je opísaných niekoľko raritných prípadov.

Záver

Konstriktívna perikarditída asociovaná s očkovaním proti covidu-19 sa vyskytuje zriedkavo. U väčšiny opísaných prípadov konstriktívnej perikarditídy po očkovaní proti covidu-19 dôjde ku vzniku konstriktie v relatívne krátkom čase, bez ohľadu na to, či bola predtým potvrdená diagnóza peri(myo)karditídy v včasnom postvakcinačnom období. Je veľmi dôležité myslieť na túto diagnózu hlavne u tých pacientov, ktorí po očkovaní perimyokarditídu prekonali a v neskoršom období dôjde u nich k rozvoju syndrómu srdcového zlyhávania. Nie je vylúčené, že čím neskôr sa diagnóza konstriktívnej perikarditídy stanoví od začiatku manifestácie vo forme veľkoobehovej kongescie, tým je väčšia pravdepodobnosť vzniku spojenia perikardu s epikardom, prípadne vrastanie kalcifikátov do myokardu, čo môže znemožniť totálnu perikardiektómiu. V prípade parciálnej perikardiektómie, ako u nášho pacienta, môže zostať určitý stupeň konstriktie, v dôsledku ktorej pretrváva mierny stupeň klinických ťažkostí.

Prehlásenie autorov o možnom konflikte záujmov

Autori nemajú konflikt záujmov.

Financovanie

Žiadne.

Prehlásenie autorov o etických aspektoch publikácie

Spracovanie kazuistiky bolo realizované v súlade s etickými štandardmi. Schvaľovanie etickou komisiou nie je potrebné.

Informovaný súhlas

Požiadavky týkajúce sa informovaného súhlasu sa nevzťahujú na tento článok.

Literatúra

1. 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;10:679–688.
2. Heymans S, Cooper LT. Myocarditis after COVID-19 mRNA vaccination: clinical observations and potential mechanisms. *Nat Rev Cardiol* 2022;19:75–77.
 3. Kadkhoda K. Post RNA-based COVID vaccines myocarditis: Proposed mechanisms. *Vaccine* 2022;40:406–407.
 4. Girón-González JA, Moral FJ, Elvira J, et al. Consistent production of a higher TH1:TH2 cytokine ratio by stimulated T cells in men compared with women. *Eur J Endocrinol* 2000;143:31–36.
 5. Dagan N, Barda N, Balicer RD. Adverse Effects after BNT162b2 Vaccine and SARS-CoV-2 Infection, According to Age and Sex. *N Engl J Med* 2021;385:2299.
 6. Mevorach D, Anis E, Cedar N et al. Myocarditis after BNT162b2 mRNA Vaccine against Covid-19 in Israel. *N Engl J Med* 2021;385:2140–2149.
 7. Adler Y, Charron P, Imazio M, et al. 2015 ESC Guidelines for the diagnosis and management of pericardial diseases: The Task Force for the Diagnosis and Management of Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology (ESC). Endorsed by: The European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur Heart J* 2015;36:2921–2964.
 8. Collini V, Imazio M, De Biasio M, et al. Coronavirus disease 2019 vaccination-related pericarditis: a single tertiary-center experience. *J Cardiovasc Med* 2022;23:779–783.
 9. Woo W, Kim AY, Yon DK, et al. Clinical characteristics and prognostic factors of myocarditis associated with the mRNA COVID-19 vaccine. *J Med Virol* 2022;94:1566–1580.
 10. Gargano JW, Wallace M, Hadler SC, 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. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2021;70:977–982.
 11. Verma AK, Lavine KJ, Lin CY. Myocarditis after Covid-19 mRNA Vaccination. *N Engl J Med* 2021;385:1332–1334.
 12. Simone A, Herald J, Chen A, et al. Acute Myocarditis Following COVID-19 mRNA Vaccination in Adults Aged 18 Years or Older. *JAMA Intern Med* 2021;181:1668–1670.
 13. Fronza M, Thavendiranathan P, Karur GR, et al. Cardiac MRI and Clinical Follow-up in COVID-19 Vaccine-associated Myocarditis. *Radiology* 2022;304:E48–E49.
 14. Rosner CM, Atkins M, Saeed IM, et al. Patients With Myocarditis Associated With COVID-19 Vaccination. *J Am Coll Cardiol* 2022;79:1317–1319.
 15. Welch TD. Constrictive pericarditis: diagnosis, management and clinical outcomes. *Heart* 2018;104:725–731.
 16. Imazio M, Brucato A, Maestroni S, et al. Risk of constrictive pericarditis after acute pericarditis. *Circulation* 2011;124:1270–1275.
 17. Diana D, Cardillo I, Polizzi V, et al. Two cases of constrictive pericarditis temporally associated with mRNA-1273 COVID-19 vaccination. *Eur Heart J Suppl* 2021;8:23(Suppl G).
 18. Bain E, Guglin M. A case report of constrictive pericarditis following COVID-19 vaccination. *Eur Heart J Case Rep* 2023;7:ytad540.
 19. Hajsadeghi S, Gholizadeh Mesgarha M, Saberi Shahrabaki E, et al. Constrictive pericarditis following inactivated virus COVID-19 vaccine: a case report with review of the literature. *Radiol Case Rep* 2022;17:3774–3778.
 20. Viani GM, Pedrotti P, Seregni R, et al. Effusive-constrictive pericarditis after the second dose of BNT162b2 vaccine (Comirnaty): a case report. *Eur Heart J Case Rep* 2022;6:ytac012.
 21. Federico C, Paolo T, Carlo L, et al. A case of constrictive pericarditis after COVID-19 vaccine. *J Clin Images Med Case Rep* 2022;3:1827.
 22. Nakanishi Y, Honda S, Yamano M, et al. Constrictive pericarditis after SARS-CoV-2 vaccination: A case report. *Int J Infect Dis* 2022;116:238–240.
 23. Misumi I, Ogata A, Fukuda K, et al. Constrictive pericarditis following mRNA COVID-19 vaccination in a patient with systemic sclerosis. *J Cardiol Cases* 2022;26:97–100.
 24. Demirtas H, Ozer A, Burak Gulcan M, et al. Pericardiectomy after constrictive pericarditis associated with second dose of BNT162b2 vaccine: A case report. *Turk Gogus Kalp Damar Cerrahisi Derg* 2024;32:97–100.
 25. Sharma S, Pham S, Martin A, et al. Effusive constrictive pericarditis in the era of COVID-19. *AIM Clinical Cases* 2024;3:e231360.
 26. Hysi I, Rebet O, Vaquette B, et al. Subacute constrictive pericarditis after mRNA COVID-19 vaccination. *Arch Clin Med Case Rep* 2022;6:189–192.
 27. Penmetsa M, Shaik A, Nadig V. Effusive constrictive pericarditis after COVID-19 Vaccination. *Circulation* 2022;146(Suppl 1):A15745.