

Myokarditída po infekcii COVID-19 a po očkovaní mRNA vakcínou proti COVID-19

MUDr. Martin Záhorec, PhD.¹, MUDr. Patrícia Srnková^{1,2}, MUDr. Pavol Fabo^{1,2}, MUDr. Erika Goldschmidtová¹

¹Oddelenie detskej kardiológie, Detské kardiocentrum, Národný ústav srdcových a cievnych chorôb, a.s., Bratislava

²Klinika detskej kardiológie LF UK, Bratislava

Dokumentované pediatrické prípady infekcie COVID-19 predstavujú 1 – 5 % z potvrdených nákaz, pričom riziko ťažkého priebehu je prítomné najmä v rizikových skupinách pacientov. Koronavírus SARS-CoV-2 je na rozdiel od iných koronavírusov významne kardiotropný, čoho dôkazom sú opísané prípady postihnutia myokardu počas pandémie. U detí ide často o subklinické postihnutie, aj preto by návrat k vysokej fyzickej záťaži mal byť po prekonaní infekcie postupný. Novou diagnostickou jednotkou, ktorá sa objavila počas pandémie, je multisystémový zápalový syndróm asociovaný s COVID-19 infekciou (MIS-C), sprevádzaný často hemodynamickou instabilitou a zníženou funkciou komôr. Prognóza ochorenia je pri včasnej intenzívnej liečbe výborná, bez chronického reziduálneho postihnutia myokardu. Očkovanie detí mRNA vakcínami je asociované s nižšou potrebou hospitalizácie a nižším výskytom MIS-C. Potenciálnymi benefitmi sú aj prevencia tzv. dlhého covidu a postcovidového syndrómu, redukcia šírenia infekcie populáciou so znížením rizika vzniku nových rezistentných variantov a umožnenie prezenčnej školskej výučby. Najobávanejším, ale veľmi zriedkavým vedľajším účinkom vakcinácie sa stala postvakcinačná myokarditída. Prípady boli opísané najmä u adolescentných chlapcov po druhej očkovacej dávke. Takmer výlučne je priebeh mierny, s rýchlou úpravou klinického stavu. Títo pacienti však vyžadujú kardiologické sledovanie, lebo u niektorých boli opísané perzistujúce zmeny na magnetickej rezonancii srdca aj po rekonvalescencii. Dva roky pandémie ukázali, že riziko postihnutia myokardu u detí a mladistvých v súvislosti s COVID-19 infekciou je nepomerne vyššie ako v súvislosti s očkovaním mRNA vakcínou.

Kľúčové slová: COVID-19 infekcia, myokarditída, MIS-C, očkovanie

Myocarditis after COVID-19 infection and after COVID-19 mRNA vaccination

Documentated pediatric cases of COVID-19 infection represent 1–5 % of confirmed infections, while the risk of a severe course is present especially in high-risk groups of children. The SARS-CoV-2 coronavirus, unlike other coronaviruses, is significantly cardiotropic, as evidenced by the described cases of myocardial damage during the pandemic. In children, it is often a subclinical course, which is why the return to high physical activity should be gradual after overcoming the infection. A new diagnostic entity that appeared during the pandemic is the multisystem inflammatory syndrome associated with COVID-19 infection (MIS-C), often accompanied by hemodynamic instability and depressed ventricular function. The prognosis of the disease is excellent with early intensive treatment, without chronic residual involvement of the myocardium. Immunization of children with mRNA vaccines is associated with a lower need for hospitalization and a lower incidence of MIS-C. Potential benefits are also the prevention of the so-called long covid/post-covid syndrome, reduction of the spread of infection in the population with a reduction of the risk of emergence of new resistant variants and safe school attendance. Vaccine-associated myocarditis has become the most feared but very rare side effect of vaccination. These cases were mostly observed in adolescent boys after the second dose of COVID-19 mRNA vaccines. Almost exclusively, the disease course was mild with rapid clinical improvement. However, cardiological follow-up of these patients is essential, because persistent myocardial changes on magnetic resonance imaging have been described in a small proportion of them. In summary, two years of the pandemic have shown that COVID-19 itself is associated with a substantially higher risk of myocarditis and other cardiac complications compared to vaccination.

Key words: COVID-19 infection, myocarditis, MIS-C, vaccination

Pediatr. prax, 2023;24(1):26-29

Akútna infekcia COVID-19 u detí

COVID-19 je infekčné ochorenie vyvolané koronavírusom SARS-CoV-2, ktoré sa rozšírilo do celosvetovej pandémie od marca 2020. V decembri 2022 bolo vo svete diagnosticky potvrdených vyše 659 miliónov prípadov a ochoreniu podľahlo oficiálne vyše 6,6 milióna ľudí (1). Pediatrické prípady predstavujú len 1 – 5 % z potvrdených nákaz, pričom riziko ťažkého priebehu je oveľa nižšie

ako u dospelých. Nízky podiel detských pacientov v štatistikách môže byť daný často asymptomatickým priebehom a nižšou mierou testovania. Malá časť detí má však závažný klinický priebeh ochorenia. Symptomatická infekcia vrátane ťažkého priebehu bola dokázaná vo všetkých detských vekových kategóriách (2). Podľa celosvetových zdrojov UNICEF asi 0,4 % úmrtí predstavujú pacienti do 20 rokov (cca 26 000 úmrtí na COVID-19) (3). Rizikovými pediatrickými

skupinami pre závažnejší priebeh akútnej infekcie sú deti do 1 roka, deti s komorbiditami ako chronické pľúcne alebo srdcové ochorenia a imunodeficientné stavy (2). Z ochorení srdca sú v najvyššom riziku ťažšieho priebehu infekcie deti so srdcovým zlyhávaním, chronickou cyanózou alebo pľúcnou hypertenziou (4).

Kazuistika pacienta

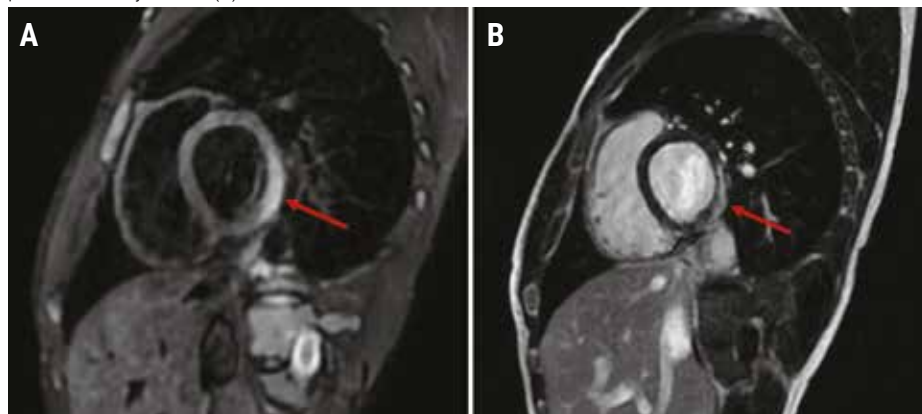
Sedemnástročný chlapec s eufunkčnou chronickou autoimunit-

nou tyreoiditídou a anamnézou akútnej parainfekčnej myokarditídy v roku 2019 pomáhal pri stavbe domu na lešení jeden deň po druhej dávke mRNA vakcíny proti COVID-19. Následne sa v noci zobudil na silné bolesti na hrudníku, iba s prechodným efektom analgetík, preto bol hospitalizovaný v rajónnej nemocnici, kde bol subfebrilný, kardiopulmonálne kompenzovaný, v odberoch mal významne elevovaný troponín I (10 277 ng/l), NTpro BNP v norme (97 ng/l), len mierne zvýšené CRP (22 mg/l) a na EKG prítomné elevácie ST segmentu v prekordiálnych zvodoch V4 – V6. Chlapec bol následne transportovaný do Detského kardiocentra v Bratislave, kde pociťoval už menej výraznú bolesť, na echokardiografickom vyšetrení bola zachovaná funkcia myokardu oboch komôr, bol bez klinických a laboratórnych známk akútnej infekcie. Pacientovi bol zavedený prísny pokojový režim na lôžku, analgetiká sa podávali len podľa potreby. Na EKG dochádza k dynamickým zmenám ST-T segmentu v prvých dňoch hospitalizácie (obrázok 1). Na MR vyšetrení na 5. deň hospitalizácie sa zachytili typické akútne zápalové zmeny laterálnej steny ľavej komory (obrázok 2), funkcia myokardu komôr zostala zachovaná, prítomný minimálny perikardiálny výpotok za ľavou komorou. Počas hospitalizácie bol iniciálne zaznamenaný mierny vzostup, následne významný pokles troponínu T (882...1392...589...85...25 ng/l; norma 0 – 14 mg/l). Pacient bol prepustený do ambulantnej starostlivosti s odporúčaním prísneho pokojového režimu jeden mesiac a vynechania športových aktivít na 6 mesiacov. Troponín sa týždeň po prepustení úplne normalizoval. Pacient zostal v ďalšom priebehu asymptomatický, pred povolením športových aktivít absolvoval kontrolné MR vyšetrenie srdca (zachovaná funkcia myokardu oboch komôr, pretrvávajú reziduálne zmeny po prekonanej perimyokarditíde) a záťažové vyšetrenie na bicyklovom trenažéri (EKG bez porúch rytmu a bez zmien repolarizácie aj pri maximálnej záťaži, fyziologická tolerancia fyzickej záťaže s $VO_2 \max$ 39,2 ml/kg/min). Pacienta bude dlhodobo sledovať kardiológ a podstúpi ďalšiu kontrolu MR nálezu na srdci.

Obrázok 1. EKG záznam so zmenami ST segmentu a vlny T v prvých dňoch hospitalizácie. Iniciálne člnkovité ST elevácie v končatinových zvodoch I, II, aVF (1A) a hrudných zvodoch V5, V6 (1B) s normalizáciou ST segmentu a globálnou inverziou T vln na 2. deň hospitalizácie



Obrázok 2. MR obraz v T2 vážení v sagitálnej rovine, šípku je označená oblasť hyperintenzívneho signálu (zvýšený extracelulárny objem, t.j. edém) typického pre akútnu myokarditídu (A). MR obraz neskorého vychytávania gadolína v sagitálnej rovine, šípku je označená škvrnitá štruktúra oblasti poškodenia myokardu (B)



Myokarditída pri COVID-19 infekcii

Koronavírus SARS-CoV-2 je na rozdiel od SARS-CoV-1 vírusu a iných koronavírusov významne kardiotropný. V akútnej fáze infekcie môže priamo poškodiť srdcový sval vstupom do myocytov prostredníctvom ACE2 receptorov, s následnou indukciou zápalovej reakcie. Vírus v srdcovom svale aktivuje vyplavenie cytokínov, narušenie sarkomér až nekrózu kardiomyocytov. Klinickým dôsledkom sú symptómy (bolesť na hrudníku, únava, dýchavica, búšenie

srdca, synkopa), objektívne je možné zaznamenať zmeny na EKG a zníženie kontraktility myokardu na ultrazvukovom vyšetrení (5). V detskom veku sú prípady klinicky významnej akútnej myokarditídy počas infekcie COVID-19 zriedkavé. Štúdia na vyše 1500 mladých športovcoch na amerických univerzitách, ktorí prekonali COVID-19, však preukázala až 2,3 % výskyt myokarditídy na skriningovom vyšetrení magnetickou rezonanciou (MR), pritom klinické príznaky malo len 5 športovcov (0,3 %) (6). Pri systematickom skriningu 571 mladých športovcov (7 – 18

Tabuľka 1. Vedľajšie účinky očkovania mRNA vakcínami proti COVID-19

Časté vedľajšie účinky (0 – 2 dni po očkovaní)	Myokarditída (1 – 4 dni po očkovaní)
Triaška	Perzistujúca ostrá bolesť na hrudníku
Zvýšená teplota	Búšenie srdca
Bolesti svalov	Dýchavica
Bolesť hlavy	Presynkopa/synkopa
Nauzea/vracanie	Elevácia troponínu, ST-T a iné zmeny na EKG

rokov) v Taliansku po miernom alebo asymptomatickom priebehu COVID-19 boli zaznamenané prípady perikarditídy (0,4 %), resp. malého perikardiálneho výpotku (2,8 %) (7). Návrat k fyzickej aktivite a do aktívneho športu po prekonaní COVID-19 v detskom veku sa preto odporúča postupne, s prihliadnutím na závažnosť klinického priebehu infekcie. Vhodná je minimálne 7-dňová (pri strednom a ťažkom priebehu 14-dňová) rekonvalescencia bez záťaže po odznení príznakov (okrem straty chuti a čuchu), konzultácia (asymptomatický a mierne priebeh) alebo klinické vyšetrenie (stredne ťažký priebeh) pediatrom pred návratom k športu a postupné dávkovanie záťaže s odsledovaním možných príznakov myokardiálneho postihnutia (neprimeraná ponáhamová dýchavičnosť alebo únavnosť, palpitácie, bolesti na hrudníku, pre-/synkopa). Ak sa vyskytnú tieto symptómy, indikuje sa bezodkladná návšteva pediatra a často odoslanie na kardiologické vyšetrenie (EKG, echokardiografia, zväži sa troponín, EKG Holter, záťažové vyšetrenie, MR). Detskí pacienti s ťažkým priebehom infekcie (hospitalizácia na jednotke intenzívnej starostlivosti), resp. s dokázanou myokarditídou alebo perikarditídou sú vyradení z aktívneho športu na 3 – 6 mesiacov, s možným návratom po dôkladnom prešetrení stavu pediatrom, detským kardiológom, prípadne inými špecialistami, napr. pneumológom (8).

V časovej súvislosti s prvou vlnou pandémie COVID-19 sa začali množiť prípady atypického akútneho horúčkovitého zápalového stavu u detí, ktorý nápadne pripomína Kawasakiho chorobu (KCH), s častým vývojom kardiogénneho a cirkulačného šoku. Multisystémový zápalový syndróm asociovaný s COVID-19 infekciou (MIS-C) postihuje typicky imunokompetentné, inak zdravé deti s priemerným vekom 8 rokov (rozsah 3 – 14

rokov). Ochorenie nastupuje 2 – 4 týždne po akútnej COVID-19 infekcii, ktorá je často oligosymptomatická. Predpokladá sa, že patofyziologicky zohráva úlohu prehnaná zápalová odpoveď imunitného systému na vírus u predisponovaných jedincov. Na rozdiel od klasickej formy KCH majú postihnuté deti častejšie iniciálne gastrointestinálne príznaky (80 %), z kardiálnej symptomatológie dominuje hypotenzia, zápalové postihnutie myokardu s eleváciou kardiomarkerov (troponín T alebo I, NT-proBNP u 50 – 75 %), systolickou dysfunkciou ľavej komory (30 – 50 %), prípadne perikardiálnym výpotkom (25 %), veľmi zriedkavý je vývoj aneuryziem koronárnych artérií. Napriek dramatickej klinickej prezentácii (70 – 80 % pacientov je hospitalizovaných na jednotkách intenzívnej starostlivosti) sa darí kombináciou intenzívnej protizápalovej a antikoagulačnej liečby väčšinu prípadov MIS-C zvládnuť a mortalita je nízka (1 – 2 %) (9, 10, 11). Počas rekonvalescencie dochádza k rýchlej úprave kardiálnej funkcie a v 6-mesačnom sledovaní je nález na srdci fyziologický, bez známok fibrotických zmien myokardu na MR vyšetrení. Preto sa aktuálne odporúča povoliť aj návrat k športovej aktivite po MIS-C skôr ako v prvých fázach pandémie, a to po 2 – 3 mesiacoch rekonvalescencie a dôkladnom kardiologickom vyšetrení (12).

Myokarditída po očkovaní proti COVID-19

Dostupnosť očkovania proti SARS-CoV-2 pre staršie deti (12 – 18 rokov) na Slovensku nadväzovala na spustenie očkovania u dospelých (december 2020) s viacmesačným odstupom (jún 2021). Na konci roka 2021 už bolo možné očkovať aj deti vo veku 5 – 11 rokov. Vakcinácia je asociovaná s nižšou potrebou hospitalizácie (1š) a nižším výskytom MIS-C (1č). Ďalšie potenciálne benefity

sú prevencia tzv. dlhého covidu/postcovidového syndrómu, redukcia šírenia infekcie populáciou so znížením rizika vzniku nových rezistentných variantov a umožnenie prezenčnej školskej výučby.

Z nežiaducich účinkov očkovania proti COVID-19 v detskom veku je najvýznamnejšia myokarditída asociovaná s podaním mRNA vakcíny. V prípade výlučného postihnutia perikardu hovoríme o perikarditíde (veľmi zriedkavé u detí po vakcinácii proti COVID-19), ak sú postihnuté súčasne myokard (elevácia troponínu, MR zmeny) aj perikard (typicky prítomnosť výpotku) stav uzatvárame ako perimyokarditídu. Ide o veľmi zriedkavý výskyt zápalu srdcového svalu alebo osrdcovníka v časovej súvislosti s podaním mRNA vakcíny proti COVID-19. Patofyziológia rozvoja zápalu u jednotlivcov nie je plne objasnená, predpokladá sa genetická predispozícia na aberantnú imunitnú reakciu (napr. na mRNA s modifikovanými nukleozidmi, tvorba autoprotlátok, resp. molekulárne mimikry medzi tzv. spike proteínom a napr. α -myozínom) (15). V USA počas roka 2021 tvorili ľudia vo veku 12 – 24 rokov 8,8 % zaočkovanej populácie, ale 52,5 % zachytených myokarditíd v časovej súvislosti s vakcináciou bolo v tejto vekovej skupine. Epidemiologické dáta odhadovali výskyt myokarditídy/perikarditídy na 16 prípadov/1 milión podaných oboch dávok vakcíny. Vo vekovej kategórii 12 – 24 rokov je to u chlapcov 1 : 12 000 – 18 000 a u dievčat 1 : 144 000 – 176 000 po dvoch dávkach vakcíny (16, 17).

U dieťaťa po vakcinácii sa môže bežne vyskytnúť triaška, zvýšená telesná teplota, pocit únavy, bolesti svalov a hlavy, nauzea alebo vracanie. Tieto príznaky sú zvyčajne skoré a miznú do 48 hodín od podania vakcíny. Príznaky myokarditídy/perikarditídy pozostávajú navyše z bolesti na hrudníku, ktorá je typicky ostrá a perzistujúca, nie prchavá, pričom sa môže vyskytnúť aj pocit dýchavice, búšenia srdca alebo synkopa (tabuľka 1). Vzniká typicky na 1. – 4. deň (priemer 2,6 dňa) po vakcinácii mRNA vakcínou, významne častejšie to bolo po druhej dávke mRNA vakcíny a desaťkrát častejšie u chlapcov. Dôkazom postihnutia myokardu je zvýšený vysokošpecifický troponín (85 %), elevovaný môže

byť aj biomarker záťaže myokardu komôr NT-proBNP. Detegovateľné sú typicky zmeny repolarizácie na EKG a zriedkavo aj poruchy rytmu. Menej často môže byť zachytená mierne znížená funkcia myokardu komôr na echokardiografickom vyšetrení (15 % pacientov), resp. segmentálne poruchy kinetiky ľavej komory, ojedinele aj perikardiálny výpotok (5 %). Na MR vyšetrení srdca boli zaznamenané zápalové zmeny myokardu T2 vážením (58 %) a neskorým vychytávaním gadolína (87 %) (17). Všetci pacienti majú spravidla negatívny PCR test na COVID-19 a väčšina z nich má detegovateľné pozitívne postvákcinálne protilátky proti S-proteínu SARS-CoV-2. Pacienti nikdy nespĺňajú kritériá pre MIS-C. Indikovaná je hospitalizácia s odsledovaním vývoja ochorenia. Priebeh postvákcinálnej myokarditídy a perikarditídy u detí je z doterajších skúseností takmer výlučne mierny (bez potreby inotropnej podpory alebo umelej pľúcnej ventilácie) a s rýchlou kompletnou klinickou reštitúciou stavu. V liečbe boli použité okrem všeobecných režimových opatrení (pokojový režim) nesteroidné protizápalové lieky, intravenózne imunoglobulíny a kortikosteroidy (17, 18). U niektorých pacientov s postvákcinálnou myokarditídou boli opísané perzistujúce pozápalové zmeny na MR srdca aj po rekonvalescencii, s potrebou dlhodobého sledovania (19).

Záver

Skúsenosti po 2 rokoch pandémie COVID-19 potvrdili kardiotropiu vírusu SARS-CoV-2, ktorá sa nevyhýba ani deťom. Riziko akútnej myokarditídy, resp. perikarditídy u detí a mladistvých v súvislosti s COVID-19 infekciou je vyššie ako v súvislosti s očkovaním mRNA vakcínou (16). Návrat do pretekárskeho športovania detí a adolescentov po COVID-19 infekcii sa odporúča postupne, po primeranej rekonvalescencii pod-

ľa klinického priebehu ochorenia a po konzultácii s pediatrom. Zriedkavé, ale dokumentované prípady myokarditídy po očkovaní mRNA vakcínou boli najčastejšie opísané u chlapcov-adolescentov po druhej očkovacej dávke. Priebeh ochorenia je spravidla mierny, s rýchlou úpravou klinického stavu. V ďalšom priebehu pandémie bude dôležité zväziť risk verzus benefit plošnej verzus individualizovanej vakcinácie proti COVID-19 u detí podľa veku, pohlavia, komorbidít a ďalších faktorov (20).

Konflikt záujmov: Autor nie je v konflikte záujmov.

Literatúra

- Center for Systems Science and Engineering by Johns Hopkins University of Medicine. Covid-19 Dashboard [online]. Coronavirus Resource Center 2022. Available from: <<https://coronavirus.jhu.edu/map.html>>. Accessed December 29, 2022.
- Špaleková M. Covid-19 u detí. *Pediatr. prax.* 2020;21(5):191-196.
- Unicef. Child mortality and COVID-19 [online]. Unicef Data 2022. Available from: <<https://data.unicef.org/topic/child-survival/covid-19/>>. Accessed October 8, 2022.
- Kompaniyets L, Agathis NT, Nelson JM et al. Underlying Medical Conditions Associated With Severe Covid-19 Illness Among Children [online]. *JAMA Netw Open.* 2021;4(6):e2111182. Available from: <<https://jamanetwork.com/journals/jamanetworkopen/fullarticle/2780706>>. Accessed October 10, 2022.
- Bailey AL, Dmytrenko O, Greenberg L, et al. SARS-CoV-2 Infects Human Engineered Heart Tissues and Models COVID-19 Myocarditis. *J Am Coll Cardiol Basic Trans Science.* 2021;6(4):331-345.
- Daniels JC, Rajpal S, Greenshields JT, et al. Prevalence of Clinical and Subclinical Myocarditis in Competitive Athletes With Recent SARS-CoV-2 Infection. Results From the Big Ten COVID-19 Cardiac Registry. *JAMA Cardiol.* 2021;6(9):1078-1087.
- Cavigli L, Cillis M, Mochi V, et al. SARS-CoV-2 infection and return to play in junior competitive athletes: is systematic cardiac screening needed? *Br J Sports Med.* 2022;56:264-270.
- American Academy of Pediatrics. COVID-19 Interim Guidance: Return to Sports and Physical Activity – Last updated 9.9.2022 [online]. *Am Acad of Ped* 2022. Available from: <<https://www.aap.org/en/pages/2019-novel-coronavirus-covid-19-infections/clinical-guidance/covid-19-interim-guidance-return-to-sports/>>. Accessed October 9, 2022.
- Záhorec M, Podracká L, Dallos T. Pediatrický multisystémový inflamačný syndróm v časovej súvislosti so SARS-CoV-2 (PIMS-TS) / multisystémový inflamačný syndróm spôsobený

- koronavírusom (MIS-C) – diagnosticko-terapeutický postup. *Pediatr. prax.* 2020;21(5):197-199.
- Feldstein LR, Rose EB, Horwitz SM, et al. Multisystem Inflammatory Syndrome in U.S. Children and Adolescents. *N Engl J Med.* 2020 Jul 23;383(4):334-346.
 - David J, Stará V, Hradský O, et al. Epidemiologie a klinický průběh syndromu multisystémové zánětlivé odpovědi spojeného s infekcí SARS-CoV-2 u dětí a mladistvých (PIMS-TS) v České republice. *Ces-slov Pediat.* 2022;77(6):333-339.
 - Capone CA, Misra N, Ganigara M, et al. Six Month Follow-up of Patients With Multi-System Inflammatory Syndrome in Children [online]. *Pediatrics.* 2021;148(4):e2021050973. Available from: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34326176/>>. Accessed October 10, 2022.
 - Shi DS, Whitaker M, Marks KJ et al. Hospitalizations of Children Aged 5–11 Years with Laboratory-Confirmed COVID-19 – COVID-NET, 14 States, March 2020–February 2022. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2022;71(16):574-581.
 - Zambrano LD, Newhams MM, Olson SM, et al. Effectiveness of BNT162b2 (Pfizer-BioNTech) mRNA Vaccination Against Multisystem Inflammatory Syndrome in Children Among Persons Aged 12–18 Years – United States, July–December 2021. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2022;71(2):52-58.
 - Bozkurt B, Kamat I, Hotez PJ. Myocarditis With COVID-19 mRNA Vaccines. *Circulation.* 2021;144(6):471-484.
 - Jain SS, Steele JM, Fonseca B, et al. COVID-19 vaccination-associated myocarditis in adolescents [online]. *Pediatrics.* 2021;148(5):e2021053427. Available from: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34389692/>>. Accessed October 10, 2022.
 - Yasuhara J, Masuda K, Aikawa T, et al. Myopericarditis After COVID-19 mRNA Vaccination Among Adolescents and Young Adults: A Systematic Review and Meta-analysis [online]. *JAMA Pediatr.* 2022; Dec 5. Available from: <<https://jamanetwork.com/journals/jamapediatrics/fullarticle/2798866>>. Accessed December 20, 2022.
 - Dionne A, Sperotto F, Chamberlain S, et al. Association of Myocarditis With BNT162b2 Messenger RNA COVID-19 Vaccine in a Case Series of Children [online]. *JAMA Cardiol.* 2021;6(12):1446-1450.
 - Chelala L, Jeudy J, Hossain R, et al. Cardiac MRI Findings of Myocarditis After COVID-19 mRNA Vaccination in Adolescents. *AJR Am J Roentgenol.* 2022;218(4):651-657.
 - Krug A, Stevenson J, Høeg TB. BNT162b2 Vaccine-Associated Myo/Pericarditis in Adolescents: A Stratified Risk-Benefit Analysis. *Eur J Clin Invest.* 2022;52(5):e13759. Available from: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35156705/>> Accessed December 10, 2022.

MUDr. Martin Záhorec, PhD.

Oddelenie detskej kardiológie,
Detské kardiocentrum
Národný ústav srdcových
a cievnych chorôb, a.s.
Pod Kráskou hôrkou 1,
833 48 Bratislava 37
Martin.Zahorec@nusch.sk

