

# Jaká je imunita středoškolských studentů vůči koronaviru?

Václav Fejt<sup>1, 5</sup>, Zuzana Krátká<sup>5</sup>, Hana Zelená<sup>2, 3, 5</sup>, Arnošt Komárek<sup>4, 5</sup>

<sup>1</sup>Oddělení společných laboratoří, Nemocnice Havlíčkův Brod

<sup>2</sup>Centrum klinických laboratoří, Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě

<sup>3</sup>Katedra biomedicínských oborů LF OU v Ostravě

<sup>4</sup>Katedra pravděpodobnosti a matematické statistiky MFF UK v Praze

<sup>5</sup>SMIS – Sdružení mikrobiologů, imunologů a statistiků

Čas. Lék. čes. 2021; 160: 133–138

## SOUHRN

Děti a mladí lidé jsou nejméně ohroženi koronavirovou infekcí, a tudíž i následky onemocnění COVID-19. Pandemie však dramaticky zasáhla jejich životy v důsledku mnohaměsíčního uzavření škol, které mělo zabránit šíření infekce. V Česku byly střední školy uzavřeny od 14. října 2020 do 24. května 2021, s malou přestávkou před Vánoci. Infekce se však ke studentům dostala nejčastěji od jejich rodičů, kteří se zpravidla nakazili v zaměstnání.

Cílem této studie bylo zjistit pomocí vyšetření protilátek, kolik studentů gymnázia v Havlíčkově Brodě nákazu prodělalo. Pomocí dotazníků jsme zjišťovali, kolik z nich bylo v karanténě. Soubor osob zahrnoval 196 studentů ve věku 15–19 let. Vyšetření IgG protilátek proti antigenu S (Abbott, Architect) bylo provedeno v červnu 2021.

Přítomnost protilátek byla prokázána u 90 ze 196 studentů (45,9 %). Koronavirová infekce byla prokázána v 88 rodinách – u 61 (69,3 %) studentů, kteří byli v karanténě, byly zjištěny protilátky, zbylých 27 studentů nemělo protilátky, klinické příznaky, ani nebyli PCR-pozitivní. Považujeme je tedy za v dané době nevnímavé k nákaze.

Navzdory přerušení prezenční výuky ve školách a s tím spojenému omezení kontaktů došlo k významnému promoření studentů koronavirovou infekcí. Polovina ze sledovaného souboru již je k onemocnění do značné míry odolná (má protilátky). Další část studentů byla vůči onemocnění nevnímavá, neboť při kontaktu s nakaženým v rodině ne onemocněli.

## KLÍČOVÁ SLOVA

séroprevalence, SARS-CoV-2, adolescenti, děti, koronavirus, COVID-19, protilátky

## SUMMARY

**Fejt V. et al. What is the immunity of high school students to coronavirus?**

Children and young people are at the least risk of coronavirus infection and the consequences of COVID-19. However, COVID-19 has dramatically affected their lives due to many months of school closures intended to prevent the spread of the infection. In the Czech Republic, secondary schools were closed from 14 October 2020 to 24 May 2021 with a short break before Christmas. However, the students were most often infected by their parents, who usually became infected at work. The aim of this study was to find out by means of antibody testing how many high school students in Havlíčkův Brod have undergone the infection. We used questionnaires to find out how many students were in quarantine. The group included 196 students aged 15–19. Examination of IgG antibodies against the S antigen (Abbott, Architect) was performed in June 2021.

Antibodies were detected in 90 of 196 students (45.9%). Coronavirus infection was reported in 88 families. Antibodies were detected in 61 quarantined students (69.3%), while the remaining 27 students had neither antibodies, nor clinical signs, nor positive PCR test. Thus, these students are considered unsusceptible to the infection at the time of quarantine.

Despite the interruption of teaching in schools and the associated reduction of contacts, a significant share of students met with the coronavirus. About half of the students in the sample are already largely resistant to the disease (have antibodies). Another part of the students was unsusceptible to the disease, because they did not fall sick despite having been in contact with an infected family member.

## KEYWORDS

seroprevalence, SARS-CoV-2, adolescent, children, coronavirus, antibodies, unsusceptibility

## ÚVOD

Ve školním roce 2020/21 byla v celém Česku extrémně omezena prezenční výuka na základních, středních a vysokých školách. K uzavření škol došlo 14. října 2020 nařízením vlády (1). Z původního 14denního omezení prezenční výuky se stalo 7 měsíců on-line výuky, s krátkým přerušením na dobu několika týdnů v podobě střídavé výuky před vánočními svátky. Žáci „vyšších gymnázií“ se do škol vrátili až 24. května 2021 (2). Tento postup byl opakovaně kritizován odborníky jako neadekvátně dlouho prodlužovaný a v rozporu s prosincovým doporučením Evropského centra pro kontrolu a prevenci nemocí (ECDC) (3).

ECDC v dokumentu o významu školních zařízení v šíření infekce nedoporučovalo školská zařízení uzavírat.

Konstatovalo, že děti ani dospívající nejsou významně ohroženi vážným průběhem onemocnění, hospitalizacími ani úmrtím. Zároveň upozorňovalo, že uzavření škol má prokazatelně negativní vliv na fyzické a mentální zdraví dětí. Převodem na on-line výuku nesporně klesá kvalita vzdělání a motivace dětí se učit. Uzavření škol má také významný negativní ekonomický dopad na společnost. ECDC konstatovalo, že v případě vysokého komunitního přenosu je vhodné školy uzavřít, ale pouze na nejkratší možnou dobu. U nás byl návrat dětí do škol velmi pomalý, vláda včas nereagovala na ústup epidemie a na doporučení expertů brzdila zahájení prezenční výuky (4).

Výskyt prokázaných infekcí u všech věkových skupin včetně dětí a dospívajících v průběhu školního roku 2020/21

## PŮVODNÍ PRÁCE

je uveden v grafu na obr. 1. Zobrazuje týdenní podíly PCR-pozitivních osob na 100 tisíc obyvatel. Děti do 15 let (světle žlutá čára) byly skupinou s nejnižším procentem pozitivních testů PCR. Studenti ve věku 15–19 let již měli výskyt infekce vyšší, ale obě skupiny vykazovaly nižší výskyt infekce než dospělí včetně seniorů. Trend výskytu infekce u dětí a studentů poměrně přesně kopíroval křivku incidence jejich rodičů, jen podíl nakažených dětí byl zhruba o třetinu nižší než podíl nakažených dospělých. Nižší výskyt infekce u dětí byl zachycen po Vánocích, ale po rozšíření britské varianty viru se počátkem roku významně zvýšil. Od 1. března 2021 počet nakažených dětí a studentů postupně klesal, stejně jako klesala pozitivita v jiných věkových skupinách. Je nutné si uvědomit, že v žádné věkové skupině neznáme skutečný počet osob, které byly infikovány. Počty infikovaných získávané z rutinního testování jsou logicky podhodnocené, neboť ne všichni infikovaní byli testováni. Míra tohoto podhodnocení je navíc různá v různých věkových skupinách a doposud nebylo v Česku jakýmkoliv validním způsobem zjišťováno, kolik lidí skutečně infekci prodělalo. Tento počet můžeme zjistit pomocí vyšetření protilátek, či ještě lépe současným vyšetřením T-buněčné imunity.

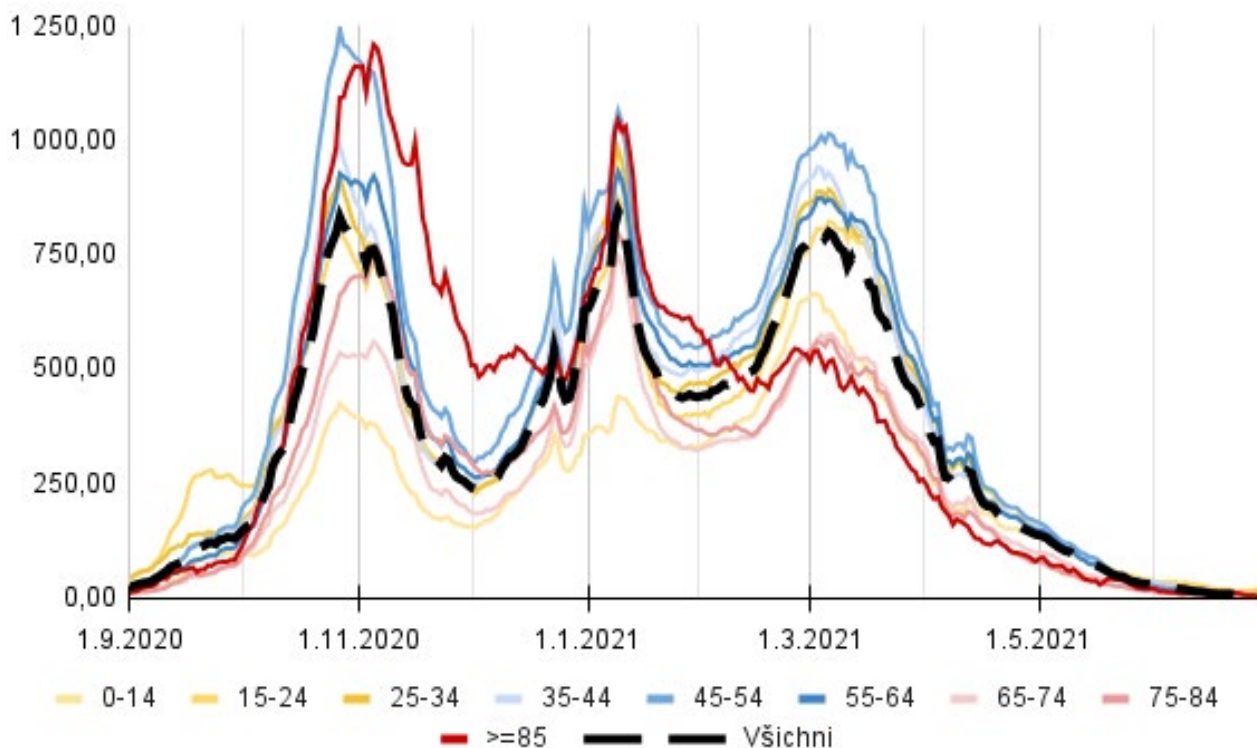
Studenti středních škol strávili nejvíc času doma, proto pro ně byla hlavním „rizikovým prostředím“ rodina. Otázkou přenosu infekce v rámci komunity a v domácnostech se zabývala řada prací. Jednou z prvních byla studie, kterou publikovali Sun et al. (5). Tento soubor zahrnoval 1178 infikovaných osob a 15 648 jejich blízkých kontaktů. Autoři zjistili, že mezi nejrizikovější prostředí, pokud jde o nákazu, patří domácnost sdílená s infikovanou osobou. Mnohem méně přenosů infekce bylo zjištěno mj. ve školách. Významně se lišilo riziko přenosu infekce mezi různě starými členy

domácnosti. Děti mladší 12 let byly infikovány po expozici SARS-CoV-2 méně často než dospělí. Naopak nejvíce ohroženi infekcí byli senioři.

Podobné závěry vyplynuly z další, tentokrát švýcarské séroprevalenční studie (6). V jejím rámci bylo vyšetřeno 4,5 tisíce osob z více než 2 tisíc domácností. Pravděpodobnost nákazy při sdílení domácnosti s infikovanou osobou byla 3× vyšší (17,2 %) než při kontaktu s nakaženou osobou mimo domácnost (5,1 %). Opět platilo, že riziko nákazy od infikovaného člena domácnosti rostlo s věkem. Mladší děti (do 9 let) byly méně často nakaženy (7,5 %) než dospělí a staří lidé (30,2 % u osob starších 65 let). Nejvyšší riziko nákazy mimo domácnost měli lidé v produktivním věku (20–49 let). K přenosu infekce docházelo častěji, pokud infikovaný člen měl klinické příznaky, než u bezpříznakových. Dospívající ve věku 10–19 let již měli podobné riziko přenosu infekce na ostatní jako dospělá populace.

V poslední aktualizaci zprávy ECDC o přenosu SARS-CoV-2 ve školách z června 2021 (7) je tato problematika zevrubně probrána a závěry dalších studií jsou podobné. Malé děti se na přenosu infekce podílejí méně než starší děti a dospělí.

V květnu 2021 jsme provedli malou studii výskytu protilátek u dětí a adolescentů v 17 rodinách, v nichž jeden nebo oba rodiče onemocněli a děti s nimi strávily karanténu doma (8). Vyšetřili jsme 42 osob – 7 dětí mladších 10 let a 35 mladých osob ve věku 10 až 21 let (zařadili jsme i dospělé sourozence). Pozitivní protilátky mělo zjištěno 18 (42 %) osob. Test PCR neměly provedeny všichni. Pozitivní výsledek PCR mělo 12 z 15 nemocných (80 %) a 2 ze 17 otestovaných (11,7 %) bez klinických příznaků. Velká část dětí a mladých lidí tedy byla v době přímé expozice koronaviru odolná vůči infekci



**Obr. 1** Týdenní incidence věkových skupin na 100 tisíc obyvatel (z dat ÚZIS a ČSÚ)

**Tab. 1** Odhad séroprevalence (na základě IgG positivity) v populaci studentů vyššího gymnázia (celkem i po jednotlivých ročnících)

Ročník	Ne	Ano	Podíl séropozitivních (%)	95% interval spolehlivosti (CI)
I.	47	31	39,7	(29,0–51,5)
II.	30	33	52,4	(39,5–65,0)
III.	29	26	47,3	(33,9–61,1)
Celkem	106	90	45,9	(38,8–53,2)

**Tab. 2** Rozdělení hodnot protilátek IgG (AU/ml)

IgG-pozitivní	n	Průměr	Směrodatná odchylka (SD)	Medián	Q1–Q3	Min – Max
Ne	106	2,8	5,1	1,2	0,0–3,5	0,0–32,0
Ano	90	613,6	909,2	355,4	176,8–699,6	64,2–7290,0
Celkem	196	283,2	685,9	8,2	0,9–298,3	0,0–7290,0

a neonemocněla. Tyto výsledky nás vedly k návrhu studie vyšetření protilátek u středoškolských studentů.

## CÍL STUDIE

Cílem séroprevalenční studie bylo zjistit, kolik studentů gymnázia v Havlíčkově Brodě má protilátky proti koronaviru a kolik studentů již bylo v prokazatelném kontaktu s koronavirovou infekcí při karanténě v důsledku onemocnění člena domácnosti nebo po kontaktu s jinou nakaženou osobou.

Studie byla financována formou veřejné sbírky. Protokol studie byl schválen etickou komisí Nemocnice Havlíčkův Brod. Podrobnosti jsou uvedené na webu Sdružení mikrobiologů, imunologů a statistiků (SMIS) (23).

## SOUBOR VYŠETŘOVANÝCH OSOB

Studie proběhla mezi studenty Gymnázia Havlíčkův Brod. Osloveny byly tři ročníky vyššího gymnázia (9 tříd) s výjimkou maturitního ročníku (věk studentů 15,5–19,2 roku; medián věku 17,2 roku). Odběry krve byly provedeny v imunologické laboratoři Nemocnice Havlíčkův Brod v období od 8. do 21. června 2021.

Zúčastnilo se celkem 196 studentů, z toho bylo 144 dívek (80,0 % všech dívek na gymnáziu) a 52 chlapců (61,2 % všech chlapců na gymnáziu). Při celkovém počtu 265 studentů se studie zúčastnilo 74,0 % všech studentů tří ročníků vyššího gymnázia.

Původně soubor zahrnoval 199 osob, ale 2 byly po první dávce vakcíny vyloučeny a od 1 se nepodařilo odebrat krev.

## METODIKA

Protilátky IgG proti proteinu S v séru byly vyšetřeny chemiluminiscenční metodou CLIA Abbott. Za pozitivní jsou považovány hodnoty > 50 AU/ml. Souprava Abbott AdviseDx SARS-CoV-2 IgG II (Architect) byla nezávisle testována americkým Úřadem pro kontrolu léčiv a potravin (FDA) a na základě těchto testů byla určena senzitivita 98,1 % a specifita 99,6 % (9).

## VÝSLEDKY

### SÉROPREVALENCE

Pozitivní protilátky (tedy hladinu > 50 AU/ml) jsme zjistili u 90 (45,9 %) studentů, negativní u 106 (54,1 %) (tab. 1). Téměř polovina středoškoláků tedy vykazovala hladinu IgG

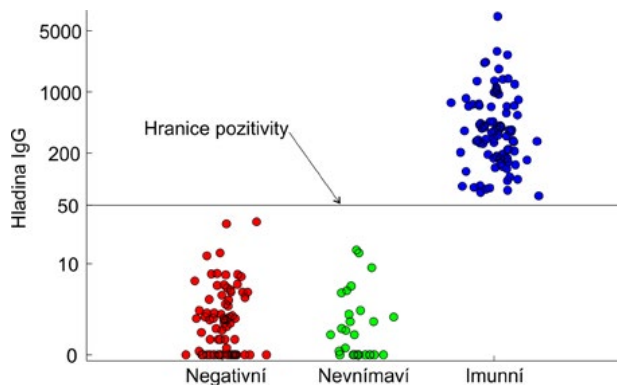
protilátek, která je považována za průkaznou pro prodělanou infekci. Mezi jednotlivými ročníky nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly v séroprevalenci. U 26 (29 %) z 90 séropozitivních studentů nebyla v minulosti detekována infekce virem SARS-CoV-2 a zjištění protilátek bylo pro studenty překvapením.

Medián hladiny protilátek u skupiny s pozitivními protilátkami činil 355 AU/ml (Q1–Q3: 177–700 AU/ml). Mezi negativní a pozitivní skupinou byly významné rozdíly, jak je zřejmé z grafu na obr. 2. Maximální zjištěná koncentrace protilátek u negativních činila 32 AU/ml, přičemž u 95 % negativních byla nepřevýšila 12 AU/ml. Oproti tomu minimální zjištěná koncentrace protilátek u pozitivních činila 64 AU/ml a u 95 % pozitivních přesahovala 80 AU/ml. Nepozorovali jsme tedy téměř žádnou „šedou zónu“, a to navzdory skutečnosti, že onemocnění u mnoha studentů proběhlo již na podzim.

### NEVNÍMAVOST (NON-SUSCEPTIBILITA) VŮČI INFEKCI

V každém časovém bodu lze populaci rozdělit na část vnímavou, a tedy ohroženou (osoby, jež nemoc ještě neprodělaly a mohou se nakazit), část imunní (osoby, jež infekci prodělaly a mají protilátky) a část nevnímavou (osoby, jež z nějakého důvodu nejsou infikovány, i když byly infekci vystaveny). O povaze nevnímavosti toho mnoho nevíme, je však třeba počítat s tím, že jistá část populace ji bude při každé epidemické události vykazovat. Pokusili jsme se proporci nevnímavých osob odhadnout.

Poučení předchozí studií séroprevalence u dětí, které strávily karanténu s nemocnými rodiči (8), jsme se zaměřili

**Obr. 2** Hladina IgG protilátek u studentů vyššího gymnázia

**Pozn.:** **Negativní** – séronegativní studenti bez známého kontaktu s koronavirem. **Nevnímaví** – séronegativní studenti, ale v karanténě kvůli nákaze v rodině. **Imunní** – séropozitivní studenti. Stanoveno metodou CLIA Abbott, za pozitivní jsou považovány hodnoty > 50 AU/ml.



## PŮVODNÍ PRÁCE

**Tab. 3** Odhad podílu osob rezistentních vůči infekci SARS-CoV-2 v populaci studentů vyššího gymnázia (celkem i po jednotlivých ročnících)

Ročník	Ne	Ano	Podíl rezistentních (%)	95% interval spolehlivosti (CI)
I.	25	10	28,6	(15,2–46,5)
II.	22	11	33,3	(18,6–51,9)
III.	14	6	30	(12,8–54,3)
<b>Celkem</b>	<b>61</b>	<b>27</b>	<b>30,7</b>	<b>(21,5–41,5)</b>

na výskyt infekce v rodinách. Použili jsme dotazník, v němž jsme zjišťovali, ve kterých rodinách se objevila infekce koronavirem prokázaná testem PCR, vedoucí ke karanténě členů domácnosti. Některé dotazníky nebyly vyplněny úplně přesně a při jejich kontrole jsme objevili diskrepance. Proto jsme řadu studentů ještě kontaktovali (telefonicky a/nebo elektronicky) a tyto údaje ověřili. Zde uvedený konečný počet infekcí je proto vyšší oproti informacím, které jsme publikovali dříve (10).

88 (44,9 %) studentů z našeho souboru bylo spolu s rodinnými příslušníky v karanténě. Z nich 61 (69,3 %) mělo zjištěno pozitivní protilátky, ale u 27 (30,7 %) byly protilátky negativní (tab. 3). Těchto 27 studentů nemělo klinické příznaky a ani jim nebyla nákaza prokázána pomocí testu PCR v rámci trasování (pokud vůbec byli testováni), lze je tedy považovat za nevnímavé k infekci v dané době a za dané situace. Podskupinu 88 rodin v karanténě jsme použili k odhadu proporce osob nevnímavých k nákaze virem SARS-CoV-2 (tab. 3). Lze tak odhadnout, že mezi středoškoly je minimálně pětina populace k infekci nevnímavá (95% interval spolehlivosti [CI] 21,5–41,5 %). Opět jsme nezjistili statisticky významné rozdíly mezi ročníky.

**KOLIK STUDENTŮ JE TEDY VŮČI INFEKCI REZISTENTNÍCH?**

V neposlední řadě nás zajímalo, pro jak velkou část studentů již koronavirus nepředstavuje významné riziko, neboť infekci prodělali (což je potvrzeno u séropozitivních studentů) nebo jsou vůči nákaze nevímaví (neonemocněli při přímém dlouhodobém kontaktu s infekcí během karantény s rodiči). Je třeba si uvědomit, že rezistentní může být též část studentů z rodin, v nichž se dosud nákaza nevyskytla, a oni tak neměli možnost svoji nevímavost prokázat.

Pokud uvážíme odhadnutý podíl nevnímavých (30,7 %, tab. 3), obdržíme v našem vzorku 196 studentů celkem 60 nevnímavých. Spolu s 90 séropozitivními (a tedy imunními) tak máme celkem 150 (76,5 %) studentů, u nichž lze předpokládat, že je koronavirus neohrožuje. Při konzervativním použití dolní meze intervalu spolehlivosti pro podíl nevnímavých (21,5 %) dostaneme 42 nevnímavých studentů, což opět spolu s 90 séropozitivními dává v součtu 132 (67,3 %) studentů, jež koronavirus neohrožuje.

Nevnímavost znamená, že daná skupina infekcí v konkrétním čase onemocní, ale neznamená to, že se tak nestane v budoucnu. Jistě je zde podmnožina lidí, kteří jsou geneticky odolní vůči nákaze (neonemocní vůbec), ale větší část má prostě v dané chvíli schopnost se s infekcí vypořádat, zatímco za jiné situace se nakazit mohou. Musíme si ovšem uvědomit, že ne všichni musejí onemocnět. Jen zatím nevíme, jak tyto lidi odlišit.

**DISKUSE**

V této studii jsme chtěli zjistit, kolik středoškolských studentů již má protilátky proti koronaviru. S ohledem na

limity studie financované formou veřejné sbírky jsme byli omezeni na výzkum provedený mezi studenty na jedné střední škole. Studie se nicméně zúčastnilo 196 osob – tedy více než 74 % všech studentů vyššího gymnázia v Havlíčkově Brodě. Není důvod se domnívat, že by toto gymnázium výrazně vybočovalo ze situace na ostatních středních školách. Proto si dovolueme zobecnit výsledky této studie na populaci středoškolských studentů. Séroprevalenční studie většího rozsahu a pokrývající i jiné věkové skupiny by jistě byla užitečná a její realizace by měla být zájmem státních institucí, jež by tak získaly cenná data potřebná k činění kvalifikovaných rozhodnutí v budoucnu.

Výskyt protilátek znamená, že se organismus setkal s infekcí a zareagoval na ni specifickou imunitní odpovědí. Jejich nepřítomnost ale neznamená, že k žádné imunitní odpovědi nedošlo. Abychom si byli (téměř) jistí, že dotyčná osoba nebyla v kontaktu s koronavirem, museli bychom provést několik typů vyšetření. Pro ověření přítomnosti specifické imunity po infekci koronavirem se používají testy sledující tvorbu cirkulujících protilátek (IgG či IgA) a testy sledující aktivaci buněčné imunity, respektive přítomnost paměťových T a B lymfocytů (11). V rámci případné velké séroprevalenční studie by jistě bylo vhodné nejen měřit protilátky, ale také provést vyšetření buněčné imunity. Technicky a pro rutinní praxi nejjednodušším průkazem imunního stavu nicméně zůstává stanovení protilátek, které je dostupné v mnoha imunologických a mikrobiologických laboratořích v každém okrese, s náklady odpovídající přibližně 2 POC testům na přítomnost antigenu (12).

Průkaz pozitivních protilátek kvalitním testem znamená, že osoba infekci koronavirem prodělala. Odborníci se však nedokáží shodnout na tom, jak vysoká hladina protilátek je „protektivní“. Zatímco část jich považuje za ochrannou pouze „vysokou“ hladinu protilátek, ale její výši nedokáží definovat, jejich oponenti považují už samotný výskyt protilátek za důkaz toho, že imunitní systém umí virus rozpoznat a v případě potřeby (tedy opakované infekce) dokáže velmi rychle nastartovat specifickou imunitní reakci. Podle konkrétní situace u osob s protilátkami buď nedojde k onemocnění vůbec, nebo proběhne jen velmi lehkou formou.

Tento poznatek potvrzují práce, které se zaměřují na sledování reinfekcí. Lumleyová et al. (13) sledovali od dubna do listopadu 2020 zdravotníky v univerzitní nemocnici v Oxfordu a porovnávali odolnost 1265 lidí s protilátkami ve srovnání s 12,5 tisíce bez protilátek. V průběhu studie, která trvala 31 týdnů, byl opakovaně zjišťován výskyt infekcí pomocí PCR. Mezi osobami s protilátkami byly během studie odhaleny pouze 3 PCR-pozitivní osoby, z nichž 1 měla mírný průběh reinfekce a 2 byly asymptomatické. Mezi osobami bez protilátek bylo zjištěno 223 infekcí. Závěr studie byl, že výskyt protilátek chrání před reinfekcí po dobu 6 měsíců.

V práci, kterou publikovali Abu-Raddad et al. (14), byl sledován výskyt infekce u 43 tisíc lidí s pozitivními protilátkami a u téměř 150 tisíc bez protilátek po dobu 35 týdnů. Zatímco

mezi osobami s protilátkami činila incidence koronavirové infekce < 1/10 000 osobotýdnů, u skupiny bez protilátek to bylo 14/10 000 osobotýdnů. Účinnost prodělání infekce z hlediska výskytu reinfekce dosahovala 95 % a ani po 7 měsících nebylo zjištěno vymizení imunity. Také zde převažoval u osob s opakovanou infekcí asymptomatický průběh nebo jen mírné klinické symptomy.

Na základě těchto dvou publikací si tróufáme tvrdit, že samotný výskyt protilátek zjištěný u 46 % studentů gymnázia (95% CI 39–53 %) svědčí o tom, že tito mladí lidé jsou vůči infekci v současné době imunní, opakovaný kontakt s virem u nich nevyvolá výrazné klinické projevy a studenti pravděpodobně nebudou ani významnými šířiteli infekce. Jak dlouho bude tento stav přetrvávat, zatím netušíme – na to jsou třeba skutečně dlouhodobé studie. U běžných koronaviřů je organismus každoročně v zimní sezóně vystaven antigenní zátěži, při níž přirozeně dochází k reaktivaci imunitní odpovědi a imunita je tímto způsobem trénována.

Ačkoliv sdílení společné domácnosti s infikovanou osobou je takřka nejistějším způsobem jak se nakazit, děti, ale i mladí lidé jsou vůči nákaze méně vnímaví. V našem souboru jsme zjistili, že 27 (30,7 %) studentů z 88 rodin v karanténě nemělo protilátky, pozitivní PCR ani klinické příznaky, nebyli tedy vůči infekci vnímaví. Pokud bychom měli k dispozici jiné testy, možná bychom nějaký důkaz imunitní odpovědi našli. Za předpokladu, že i mezi studenty, kteří koronavirové nákaze vystavení nebyli, je stejný podíl nevnímavých osob, by to v našem případě činilo celkem 60 nevnímavých studentů z celého souboru 196 osob. Celkově bychom tedy měli 90 (45,9 %) studentů séropozitivních, 60 (30,7 %) nevnímavých a 46 (23,5 %) stále citlivých k nákaze. Jak ovšem zmiňujeme výše, „nevnímavost“ neznamená jistotu, že v budoucnu za jiných podmínek dotyční ne onemocní. U séropozitivity je tato jistota velmi vysoká. V tomto směru je třeba další výzkum.

Děti i mladí lidé jsou vůči onemocnění COVID-19 odolnější. Má u nich mírný průběh, často probíhá asymptomaticky (7). Zpráva ECDC uvádí, že z více než 160 tisíc adolescentů ve věku 16–18 let, kteří onemocněli, bylo přibližně 1000 (0,2 %) osob hospitalizováno, z nich pouze 47 potřebovalo ventilaci a 16 (0,01 %) dětí mladších 18 let zemřelo. V souvislosti s COVID-19 se u dětí nejčastěji zmiňuje syndrom PIMS-TS/MISC, který je velmi podobný Kawasakiho syndromu a postihuje velmi malý počet dětí. Častěji jsou hospitalizované ty, které mají jiné onemocnění (diabetes, zažívací, neurologické, kardiologické či plicní onemocnění nebo astma), a také děti obézní (7). Z vysvětlení, proč jsou děti odolné vůči infekci, uvedme dvě hlavní. Děti mají v porovnání s dospělými významně nižší expresi jak angiotenzin konvertujícího enzymu 2, tak transmembránové serinové proteázy 2 – klíčových proteinů účastnících se přechodu SARS-CoV-2 do buněk sliznice horních i dolních dýchacích cest v nosní i bronchiální sliznici dětí (15). Děti také mnohem více zapojují T-buněčnou imunitu při antivirové imunitní reakci než dospělí (16).

Školy byly ředitelem Ústavu zdravotnických informací a statistiky (ÚZIS) Ladislavem Duškem opakovaně prezentovány jako nejčastější zdroj infekce. Proti této interpretaci se postavili statistici, kteří upozorňovali, že data ze škol jsou u nás hodnocena špatně (17). Také ECDC uvádí, že školy nejsou závažnými ohnisky a učitelé nejsou ohroženi více než jiná povolání (7). Po otevření škol a návratu studentů k prezenční výuce se žádné zhoršení situace navzdory obavám odborníků z Ministerstva zdravotnictví ČR (MZ) a Mezioborové

skupiny pro epidemické situace (MeSES) nekonalo. Vládou nařízené plošné antigenní testování nemělo prakticky žádný přínos, neboť se používaly testy s velmi nízkou senzitivitou a záchyty byly extrémně nízké (typicky 0,05 %). Proč tedy nedošlo k nárůstu infekcí po návratu dětí do škol? Zásadní roli zřejmě nehrála mimořádná opatření vlády, ale zcela přirozený cyklus virové epidemie. Již počátkem března začalo nemocných ubývat nezávisle na zavedených opatřeních, jak je zřejmé z grafu na obr. 1. Dynamiku epidemie, jež se odvíjí ve vlnách, zatím pouze pozorujeme, ale neumíme ji vysvětlit ani předvídat (18). Hypotéz, proč vlny přicházejí a odcházejí, je ovšem řada.

Faktem zůstává, že po obnovení školní docházky se ve třídách sešly děti, z nichž značná část byla imunních. Další se imunními pravděpodobně stanou během prázdnin. Dle našeho názoru není smysluplné požadovat v září ve školách plošné testování ani zavádět nošení roušek. Základem úspěchu je neposílat do školy nemocné děti. Plošné testování nedoporučuje ani Světová zdravotnická organizace (WHO), jelikož plošné testování asymptomatických osob není efektivní (19), a stejného názoru je Společnost pro lékařskou mikrobiologii ČLS JEP (20). Zda je vhodné očkovat za této situace děti vakcínou, která nemá dokončené klinické zkoušky, je diskutabilní. Česká vakcinologická společnost ČLS JEP očkování dětí ve věku od 12 do 18 let doporučila (24), německá i britská vakcinologická společnost doporučují očkování pouze rizikových skupin dětí v tomto věku (21, 22).

## ZÁVĚR

Tato séroprevalenční studie naznačuje, že mladí lidé jsou již do velké míry odolní vůči nákaze koronavirem a nepředstavují závažné riziko z hlediska šíření infekce ve společnosti. Detailní rozbor situace v rodinách studentů bude předmětem dalšího výzkumu a datových analýz.

## Poděkování

Velmi děkujeme řediteli Gymnázia Havlíčkův Brod PhDr. Hynku Bouchalovi, Ph.D., a všem zaměstnancům, kteří se na studii podíleli, za pomoc s její organizací. Děkujeme také vedení Nemocnice Havlíčkův Brod a zaměstnancům laboratoře za pomoc s realizací vyšetření. A děkujeme desítkám dárců, kteří pomohli financovat naši studii. Největší radost máme z toho, jaký zájem o studii měli studenti a jak pozitivní ohlas vyvolala (nejen) v jejich rodinách.

Za cenné připomínky ke studii a pomoc při zpracování dat velmi děkujeme také Tomáši Fürstovi a Lucii Houfkové.

## Čestné prohlášení

Autoři práce prohlašují, že v souvislosti s tématem, vznikem a publikací tohoto článku nejsou ve střetu zájmů a vznik ani publikace článku nebyly podpořeny žádnou farmaceutickou firmou.

## Seznam zkratk

<b>CLIA</b>	chemiluminescence immunoassay
<b>COVID-19</b>	coronavirus disease 2019
<b>ECDC</b>	European Centre for Disease Control and Prevention
<b>MeSES</b>	Mezioborová skupina pro epidemiologické situace
<b>MZ ČR</b>	Ministerstvo zdravotnictví České republiky
<b>PCR</b>	polymerázová řetězová reakce
<b>POC test</b>	point-of-care test
<b>SARS-CoV-2</b>	severe acute respiratory syndrome-related coronavirus 2
<b>ÚZIS ČR</b>	Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR

## PŮVODNÍ PRÁCE

## Literatura

1. **Vláda ČR.** Usnesení vlády České republiky ze dne 12. října 2020 č. 1022, o přijetí krizového opatření. *Vláda ČR*, 12. 10. 2020. Dostupné na: [www.vlada.cz/assets/media-centrum/aktualne/2--provoz-skol-1022.pdf](http://www.vlada.cz/assets/media-centrum/aktualne/2--provoz-skol-1022.pdf)
2. **MZ ČR.** Mimořádné opatření z 19. 5. 2021. *Ministerstvo zdravotnictví ČR*, 19. 5. 2021. Dostupné na: [www.mzcr.cz/wp-content/uploads/2021/05/Mimořádné-opatření--omezení-provozu-škol-a-školských-zařízení-s-účinností-od-24.5.2021-do-odvolání.pdf](http://www.mzcr.cz/wp-content/uploads/2021/05/Mimořádné-opatření--omezení-provozu-škol-a-školských-zařízení-s-účinností-od-24.5.2021-do-odvolání.pdf)
3. **ECDC.** COVID-19 in children and the role of school settings in transmission – first update. *European Centre for Disease Prevention and Control*, 2020 Dec 23. Dostupné na: [www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/COVID-19-in-children-and-the-role-of-school-settings-in-transmission-first-update\\_1.pdf](http://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/COVID-19-in-children-and-the-role-of-school-settings-in-transmission-first-update_1.pdf)
4. **MeSES.** Stanovisko pro k dalšímu postupu pro obnovení prezenční výuky na školách ze dne 1. 4. 2021. *Mezioborová skupina pro epidemiologické situace*, 1. 4. 2021. Dostupné na: [www.meses.cz/stanovisko-k-dalsimu-postupu-obnoveni-prezenční-vyuky-na-skolach](http://www.meses.cz/stanovisko-k-dalsimu-postupu-obnoveni-prezenční-vyuky-na-skolach)
5. **Sun K, Wang W, Gao L, et al.** Transmission heterogeneities, kinetics, and controllability of SARS-CoV-2. *Science* 2021; 371: eabe2424.
6. **Bi Q, Lessler J, Eckerle I, et al.** Insights into household transmission of SARS-CoV-2 from a population-based serological survey. *Nat Commun* 2021; 12: 3643.
7. **ECDC.** COVID-19 in children and the role of school settings in transmission – second update. *European Centre for Disease Prevention and Control*, 2021 Jul 8. Dostupné na: [www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/COVID-19-in-children-and-the-role-of-school-settings-in-transmission-second-update.pdf](http://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/COVID-19-in-children-and-the-role-of-school-settings-in-transmission-second-update.pdf)
8. **Krátká Z, Fürst T.** Co je doma, to se počítá aneb výskyt koronavirové infekce v rodinách. *proLékaře.cz*, 28. 4. 2021. Dostupné na: [www.prolekare.cz/covid-19/co-je-doma-to-se-pocita-aneb-vyskyt-koronavirove-infekce-v-rodinach-126793](http://www.prolekare.cz/covid-19/co-je-doma-to-se-pocita-aneb-vyskyt-koronavirove-infekce-v-rodinach-126793)
9. **FDA.** EUA Authorized Serology Test Performance. *Food and Drug Administration*, 2021 May 25. Dostupné na: [www.fda.gov/medical-devices/coronavirus-disease-2019-covid-19-emergency-use-authorizations-medical-devices/eua-authorized-serology-test-performance](http://www.fda.gov/medical-devices/coronavirus-disease-2019-covid-19-emergency-use-authorizations-medical-devices/eua-authorized-serology-test-performance)
10. **Fejt V, Krátká Z, Zelená H, Komárek A.** Jak je to s imunitou středoškolských studentů vůči koronaviru? *proLékaře.cz*, 13. 7. 2021. Dostupné na: [www.prolekare.cz/novinky/jak-je-to-s-imunitou-stredoskolskych-studentu-vuci-koronaviru-127659](http://www.prolekare.cz/novinky/jak-je-to-s-imunitou-stredoskolskych-studentu-vuci-koronaviru-127659)
11. **Dan JM, Mateus J, Kato Y, et al.** Immunological memory to SARS-CoV-2 assessed for up to 8 months after infection. *Science* 2021; 371: eabf4063.
12. **Krátká Z, Fejt V, Kučera R, Zelená H.** Protilátkové repertorium – vyšetření protilátek proti koronaviru v běžné praxi. *Časopis lékařů českých* 2021; 160: 52–56.
13. **Lumley SF, O'Donnell D, Stoesser NE, et al.** Antibody status and incidence of SARS-CoV-2 infection in health care workers. *N Engl J Med* 2021; 384: 533–540.
14. **Abu-Raddad LJ, Chemaitelly H, Coyle P.** SARS-CoV-2 antibody-positivity protects against reinfection for at least seven months with 95% efficacy. *EClinicalMedicine* 2021; 35: 100861.

15. **Saheb Sharif-Askari N, Saheb Sharif-Askari F, Alabed M, et al.** Airways expression of SARS-CoV-2 receptor, ACE2, and TMPRSS2 is lower in children than adults and increases with smoking and COPD. *Mol Ther Methods Clin Dev* 2020; 18: 1–6.
16. **Palmer S, Cuniffe N, Donnelly R.** COVID-19 hospitalization rates rise exponentially with age, inversely proportional to thymic T-cell production. *J R Soc Interface* 2021; 18: 20200982.
17. **Fürst T.** Už zase! Manipulace s daty o výskytu COVID-19 na školách. *SMIS*, 9. 7. 2021. Dostupné na: <https://smis-lab.cz/2021/07/09/uz-zase-manipulace-s-daty-o-vyskytu-covid-19-na-skolach>
18. **Fürst T.** Proč to chodí ve vlnách? *SMIS*, 15. 6. 2021. Dostupné na: <https://smis-lab.cz/2021/06/15/proc-to-chodi-ve-vlnach/>
19. **WHO.** Recommendations for national SARS-CoV-2 testing strategies and diagnostic capacities. Interim guidance. *World Health Organization*, 2021 Jun 25. Dostupné na: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/342002/WHO-2019-nCoV-lab-testing-2021.1-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
20. **SLM.** Dvě aktuální prohlášení k necílenému plošnému testování a ke skupině MeSES. *Společnost pro lékařskou mikrobiologii ČLS JEP*, 14. 5. 2021. Dostupné na: [www.splm.cz/\\_download/00000179-6e8f-d498-a97f-6ebfd2d60000](http://www.splm.cz/_download/00000179-6e8f-d498-a97f-6ebfd2d60000)
21. **RKI.** Beschluss der STIKO zur 6. Aktualisierung der COVID-19-Impfempfehlung und die dazugehörige wissenschaftliche Begründung. *Robert Koch Institut*, 10. 6. 2021. Dostupné na: [www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2021/23/Art\\_01.html](http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2021/23/Art_01.html)
22. **JCVI.** JCVI issues advice on COVID-19 vaccination of children and young people. *Public Health England – Joint Committee on Vaccination and Immunisation*. 2021 Jul 19. Dostupné na: [www.gov.uk/government/news/jcvi-issues-advice-on-covid-19-vaccination-of-children-and-young-people](http://www.gov.uk/government/news/jcvi-issues-advice-on-covid-19-vaccination-of-children-and-young-people)
23. **Krátká Z, Fejt V, Zelená H, Komárek A.** Protokol pilotní studie „Vyšetření protilátek proti koronaviru u studentů Gymnázia v Havlíčkově Brodě“. *SMIS*, 24. 6. 2021. Dostupné na: <https://smis-lab.cz/2021/06/24/protokol-pilotni-studie-vysetreni-protilatek-proti-koronaviru-u-studentu-gymnazia-v-havlickove-brode>
24. **ČVS.** Doporučení k očkování dětí ve věku 12–15 let a adolescentů proti nemoci COVID-19. *Česká vakcinologická společnost ČLS JEP*, 16. 7. 2021. Dostupné na: [www.vakcinace.eu/data/files/downloads/cvs\\_et\\_al\\_doporučení\\_k\\_ockovani\\_deti\\_proti\\_nemoci\\_covid\\_19\\_16072021.pdf](http://www.vakcinace.eu/data/files/downloads/cvs_et_al_doporučení_k_ockovani_deti_proti_nemoci_covid_19_16072021.pdf)

ADRESA PRO KORESPONDENCI:

**MVDr. Václav Fejt**

Oddělení společných laboratoří,  
Nemocnice Havlíčkův Brod  
Husova 2624, 580 22 Havlíčkův Brod  
Tel.: 569 472 445  
e-mail: [vaclav.fejt@onhb.cz](mailto:vaclav.fejt@onhb.cz)