

Kakucs Réka, Szigeti Tamás*Nemzeti Népegészségügyi Központ, Budapest**National Public Health Center, Budapest*[DOI: https://doi.org/10.29179/EgTud.2020.4.124-137](https://doi.org/10.29179/EgTud.2020.4.124-137)

A légszennyezettség összefüggése a COVID-19 megbetegedések számával és halálzásával

Link between air pollution and COVID-19 case counts and mortality

Összefoglalás

A szennyezett levegőjú területeken élő lakosság körében magasabb a krónikus légúti, illetve szív- és érrendszeri betegségek előfordulási aránya, ezért feltételezhető, hogy a COVID-19 járvány időszakában a gyakran kifogásolt levegőminőséggel jellemezhető településeken élők körében magasabb arányban lesznek azok, akiknél a fertőzés súlyosabb következményei jelentkeznek. Ugyanakkor a levegőminőség rövid távú romlása is hozzájárulhat a vírusfertőzések számának és súlyosságának emelkedéséhez. A légszennyezettség ezen hatásai a fertőzésnek kitett szervezet érzékenységének és ellenállóképességének változtatásán keresztül érvényesülnek. A cseppfertőzéssel, illetve a fizikai kontaktussal való fertőződés mellett a beltéri levegőben történő terjedést sem szabad figyelmen

kívül hagyni. A jelen közlemény a COVID-19 járvány első évében megjelent, a légszennyezettség és a COVID-19 megbetegedések száma, illetve halálózása közötti összefüggést elemző tanulmányok rövid összegzése.

Kulcsszavak: COVID-19, levegőminőség, terjedés, halálózás, szellőztetés

Abstract

Long-term exposure to air pollution increases the risk of chronic respiratory and cardiovascular diseases, thus it is considered, that severe forms of the COVID-19 disease will occur more frequently among populations living in polluted areas due to pre-existing comorbidities. At the same time, short-term exposure to poor air quality also enhances the incidence and severity of several viral infections. Air pollutants act through increasing the susceptibility and vulnerability to infection. Besides transmission via respiratory droplets or direct contact, air-borne transmission of the virus in indoor spaces cannot be ignored. The present paper is a short review of articles revealing the association between air pollution and COVID-19 case counts and mortality and published in the first year of COVID-19 pandemic.

Keywords: COVID-19, air quality, transmission, mortality, ventilation

EGÉSZSÉGTUDOMÁNY

2020;64(4): 124-

HEALTH SCIENCE

Közlésre érkezett: 2020. december 14.

Submitted: 14 December 2020

Elfogadva: 2020. december 18.

Accepted: 18 December 2020

Levelezési cím/Correspondence:

Dr. Szigeti Tamás

Nemzeti Népegészségügyi Központ
1097 Budapest, Albert Flórián út 2-7.

E-mail: szigeti@nnk.gov.hu

Tel.: +36 1 476-1341

A légszennyezetség hosszú távú hatása és a COVID-19 halálozás közötti összefüggés

Régóta bizonyított, hogy a szennyezett levegőjű területeken élő lakosság körében magasabb a krónikus légúti, illetve szív- és érrendszeri betegségek előfordulási aránya, ezért feltételezhe-

tő volt, hogy a COVID-19 járvány időszakában a szennyezett levegőjű helyen élő lakosság körében a gyakoribb társbetegségek miatt a súlyosabb szövődmények gyakorisága is nagyobb. E feltevést támasztotta alá több, 2020-ban megjelent tanulmány, melyek igazolták, hogy a légszennyezetségnek való hosszú távú kitettség növeli a COVID-19 következtében bekövetkező halálozást^{1,2,3,4}. Egy, az Amerikai Egyesült Államok területén 2020 első félévében történt közel 120 ezer halálozást elemző tanulmány szerint a PM_{2.5} tömegkoncentráció hosszú távú (17 éves) átlagának 1 µg/m³-rel való emelkedése a COVID-19 halálozási arány 11%-os emelkedését okozza⁵. Olaszország teljes területét vizsgálva, egy tanulási algoritmust alkalmazó mesterséges intelligenciával elkészült tanulmány szerint a pozitív esetek számát és a COVID-19 halálozást több környezeti és társadalmi faktor közül leginkább a hosszú távú légszennyezetség befolyásolta, elsősorban a PM_{2.5} koncentráció⁶. Egy további, 2020 végén megjelent összegző nemzetközi kutatás eredménye alapján a légszennyezetségnek való hosszú távú kitett-

ség világszerte 15%-kal, Közép-Európában 25%-kal növeli meg a COVID-19 megbetegedésben való elhalálozás kockázatát ⁷.

A légszennyezettség rövid távú romlásának hatásai a COVID-19 megbetegedések számára és a halálózásra

Ismert tény az is, hogy a legfontosabb légszennyezők ($PM_{2,5}$, PM_{10} , nitrogén-dioxid, ózon) egészségügyi határértéket meghaladó koncentrációban az érzékeny lakosságcsoportok (pl. gyermekek, idősek, krónikus betegségben szenvedők) számára vírusfertőzés nélkül is akut légúti tüneteket, illetve keringési problémákat okozhatnak. Feltételezhető, hogy a légszennyezettség rövid távú romlása is növeli a COVID-19 megbetegedések számát és súlyosságát. Az aktuális légszennyezettség és a légúti fertőzések száma és súlyossága közötti összefüggést más légúti vírusok esetében már leírták, a légszennyezők

(elsősorban a $PM_{2,5}$) koncentrációjának rövid távú emelkedése emeli az influenzaszerű megbetegedések kockázatát is ^{8,9}. A 2003-as, szintén koronavírus által okozott első SARS-járvány idején a fertőzés következtében bekövetkező halálozás összefüggést mutatott a légszennyezettség rövid távú alakulásával Kínában ¹⁰. A jelenlegi COVID-19 járvány esetében is összefüggést találtak a napi megbetegedések száma, illetve halálózása és az előző napok levegőminősége között ^{11,12,13,14,15}. A tanulmányokban a COVID-19 megbetegedések számát a megbetegedés előtti 3, 7, 12 és 14 napos levegőminőségi adatokkal összefüggésben vizsgálták ^{11,13,15}, míg a halálózásnál az aktuális napi ¹², illetve az elhalálozás előtti 19-23. napi, azaz a megfertőződés feltételezett időszakában mért levegőminőséggel vetették össze ¹⁴. A légszennyezettség rövid távú hatása elsősorban a járvány felfutó stádiumában vizsgálható, mivel a korlátozó intézkedések a levegőminőség javítása mellett a kontaktusok számát is csökkentik, mely a fertőzés terjedését akadályozza. A szigorú intézkedések tehát csökkentik mind a vírusfertőzéssel

összefüggő halálozást, mind a légszennyezettség okozta általános többlethalálozást is, így akár paradox módon csökkenthetik is az összhála-lozást a járvány ellenére ¹⁶.

Miért növelheti a légszennyezettség a COVID-19 esetek számát és súlyosságát?

A légszennyezők irritálják a légúti nyálkahártyát, ami így könnyebben sérül, csökken védekező funkciója. A tüdőbe bejutott légszennyezők (PM_{2,5}, NO₂) a tüdő sejtjeinek oxidatív károsodását okozzák, és gyulladással járó folyamatokat indítanak be, mely a vírusok által okozott immunfolyamatokat felerősítheti, így könnyebben kialakulhatnak egyes szövődmények ^{8,17}. Emellett a légszennyezők közül a PM_{2,5}, és a NO₂ növeli a tüdősejtek felületén található ACE2 enzim szintjét. Ennek az enzimnek a gyulladással járó folyamatok mérséklésében is van szerepe, ugyanakkor a koronavírusok receptora, vagyis ezen az enzimen keresztül juthatnak be a vírusok a lég-

utak és a tüdő sejtjeibe. Tehát a légszennyezettség következtében több vírus juthat be a szervezetbe. Amikor már megtörtént a fertőződés, a vírusok már „elfogyasztották” e receptorokat, tehát az ACE2 gyulladással mérséklő hatása már kevésbé tud érvényesülni ¹⁸.

Természetesen a rövid és hosszú távú légszennyezettség egészségi következményei nem választhatóak el élesen, és összességében a légszennyezettség is csak egyik kofaktor, a betegség terjedését és halálozását számos más tényező befolyásolja, például a védekezés módja, a népsűrűség, a lakosság mobilitása, viselkedési szokásai, egészségi állapota, és nem utolsósorban a meteorológiai tényezők. A légszennyezettség hatásainak vizsgálatánál figyelembe kell venni, hogy a kontaktusok száma, a mobilitás, illetve az egy-egy területen észlelhető járványgóc kiterjedtsége, illetve egyéb tényezők is nagymértékben befolyásolhatják az eredményeket ¹⁹. Éppen az eddig eltelt viszonylag rövid idő, és a zavaró tényezők figyelembe vehetőségének korlátozottsága miatt az Európai Unió

Környezetvédelmi, Közegészségügyi és Élelmiszer-biztonsági Bizottsága (ENVI) számára készített összefoglaló tanulmány szerint, bár a légszennyezés fentiekben említett hatása nem kérdőjelezhető meg, nem határozható meg jelen tudásunk szerint a légszennyezés hozzájárulásának mértéke a COVID-19 incidenciához és halálozáshoz²⁰.

A SARS-CoV-2 vírus terjedése a levegőben

Az Egészségügyi Világszervezet tudományos álláspontja szerint a COVID-19 megbetegedés elsősorban cseppfertőzéssel és direkt fizikai kontaktussal (tehát fertőzött beteggel való közvetlen érintkezés során) terjed²¹. A vírus különböző felületeken fél órától akár több napig is fertőzőképes állapotban megmaradhat, így e felületek érintése után a szemünket, orrunkat, szánkat érintve is megfertőződhetünk (ezt nevezzük indirekt kontaktusnak). A vírus tüsszenéssel, köhögéssel, de akár beszéd, sóhajlás vagy kilégzés során is a levegőbe

juthat. A levegőbe került részecskék mérete és a légmozgás befolyásolja, hogy azok milyen távolságra jutnak el és meddig tartózkodnak a levegőben. A nagyobb cseppek a kibocsátást követően viszonylag gyorsan és rövid távolságon belül leülepednek (ha ekkor kerülnek a fogékony ember nyálkahártyáira, légútjaiba, azt nevezzük cseppfertőzésnek), míg a kisebb részecskék nagyobb távolságot is megtehetnek, így az 5 µm-nél kisebb, vírust tartalmazó aeroszol részecskék akár több tíz méterre is eljuthatnak²². A fertőző szervezetből kijutott cseppecskék mérete párologás miatt az idő előrehaladtával csökken. A kutatási eredmények szerint az új típusú koronavírus a beltéri levegőben laboratóriumi körülmények között 3, de akár 16 órán át fertőzőképes maradhat^{23,24}. Ma már egyértelműnek látszik a fertőzés terjedése a levegőben távolabbra jutó vírusok útján is^{22,25,26}. Arra vonatkozóan azonban nincs adat, hogy a COVID-19 megbetegedések terjedéséért milyen arányban felelősek az egyes terjedési módok²⁷. A levegőben történő terjedés eddig sem volt ismeretlen, ez a jellemző fertőzési mód pél-

dául a tuberkulózis, a kanyaró, a bárányhimlő és az RSV-bronchiolitis esetében. Mivel a COVID-19 megbetegedés kockázata és a súlyossága függ a fertőző dózistól, feltételezhető, hogy a megbetegedések nagyobb része cseppfertőzés útján történik. Ennek ellenére a SARS-CoV-2 koronavírus megtapadása a légszennyező aeroszol részecskék felületén lehetséges, és a lebegő aeroszol részecskék akár órákig is hordozhatják a fertőzőképes vírusokat, ugyanúgy, mint más felületek^{28,29,30}. Egyes feltételezések szerint az egészségi állapot és a vírussal szembeni érzékenység befolyásolása mellett a kisméretű aeroszol részecskék, mint vektorok útján való szóródás is hozzájárulhat ahhoz, hogy a vizsgálatokban a COVID-19 járványban legérintettebb területek egybeesnek a legszennyezettebb területekkel^{17,28,31,32}. Természetesen figyelembe kell venni, hogy a legszennyezettebb területek gyakran a legsűrűbben lakott területek is, ahol a kontaktusok száma is jellemzően nagyobb. Továbbá a kültéri levegőben annyira felhígul a vírusok koncentrációja, hogy a további fertőződés lehetősége elhanyagolható mér-

tékűvé csökken. Természetesen közvetlen közelről, cseppfertőzéssel kültéren is elkaphatjuk a fertőzést, ezért szükséges a távolságtartás és a maszk használata. A kültéri levegőben az eltérő relatív páratartalom, a természetes UV-sugárzás, illetve a hőmérséklet is befolyásolhatja a vírus túlélését. Néhány közlemény beszámolt arról, hogy a fertőzés jobban terjed hideg és száraz levegőben^{33,34}.

A COVID-19 fertőzés átadásához mindenképpen a beltéri környezet a lényegesen jellemzőbb helyszín, mivel a levegőbe került vírusok teljes mennyisége zárt belső térben oszlik meg. A vírus beltéri koncentrációja a légcseré (szellőztetés) mértékének és az ülepedési folyamatok sebességének függvényében alakul. Megfelelően viselt maszkkal és távolságtartással a belső téri környezetben is nagymértékben csökkenthető annak a veszélye, hogy egy fertőző személytől levegő útján megfertőződjünk, különösen, ha nem tartózkodunk sokáig vele egy légtérben. A nem közvetlen kontaktus vagy cseppfertőzés útján történő fertőződés, hanem a levegőben való terjedés az Amerikai Egyesült Ál-

lamok Betegségmegelőzési és Járványügyi Központjának (CDC) álláspontja szerint inkább olyan esetekben fordulhat elő, amikor nem megfelelően szellőztetett zárt terekben a fertőző személy hosszabb ideig tartózkodik, különösen, ha hangosan beszél, énekel, vagy erőteljesebb lélegzéssel járó mozgásos tevékenységet végez (pl. edzőtermek, énekkari próbatermek, kocsmák). Ilyen esetekben a fertőző személlyel egyidőben, vagy távozása után közvetlenül érkező, fertőzésre fogékony egyének nagyobb kockázatnak vannak kitéve^{29,30}.

A légszennyezettéssel csökkentésével a vírusfertőzésekkel szembeni sérülékenységünket csökkentjük

A bel- és kültéri légszennyezettéssel javítása egyrészt csökkenti a komorbiditásokat, másrészt növeli a vírusfertőzésekkel szembeni aktuális ellenállóképességünket.

Egészségünk megőrzésének egyik fontos alapja a beltéri légszennyezők koncentrációjának csökkentése. A beltéri környezetben számos légszennyező forrás található (ilyenek lehetnek például új berendezési és használati tárgyaink, a dohányzás, olajban történő sütés, vegyszerekkel történő takarítás, köröm- és hajlakkok használata, illatosítók és füstölők alkalmazása, ülepedett por), melyek rontják a beltéri levegő minőségét, így módon számos légszennyező koncentrációja akár magasabb is lehet a belső térben, mint kültéren. E beltéri légszennyezőknek való tartós vagy rendszeres kitettség hozzájárulhat egyes krónikus légúti, szív- és érrendszeri, immunrendszeri és daganatos betegségek kialakulásához.

A kültéri légszennyezettéssel csökkentésének számos módja van, például a helytelen fűtési módok alkalmazásának mellőzése, a saját gépjárműhasználat helyett a tömegközlekedés vagy a nem motorizált közlekedési módok (pl. kerékpározás) előnyben részesítése, a háztartási energiafelhasználás csökkentése, a belső terek túlfűtöttségének

elkerülése, az illegális hulladékégetés elkerülése, ökövezetés. Mindezekre nemcsak a jelen járványhelyzetre való tekintettel, hanem egészségünk megóvása érdekében is figyelemmel kell lenni.

Levegőhigiénés javaslatok a terjedés csökkentésére

Járvány idején a beltéri levegő kórokozó-koncentrációjának csökkentésével, illetve a szellőzetlen, túlszűfolt belső terek kerülésével csökkenthetjük a terjedés kockázatát.

A gyakori, alapos szellőztetés a beltéri levegőben található egyéb légszennyezők mellett a vírus részecskék mennyiségét is jelentősen csökkenti. A megfelelő szellőztetésen túl célszerű 19-22 °C hőmérsékletet és 40-60% relatív páratartalmat biztosítani a beltérekben. A túl száraz levegő kiszáríthatja a légutak nyálkahártyáját, fogékonyabbá teheti szervezetünket a vírusok és baktériumok okozta fertőzésekre. A

60% feletti relatív páratartalom kedvez a penészgombák és poratkák megjelenésének és szaporodásának, melyek megbetegedések kialakulását, tünetek megjelenését okozhatják.

Zsúfoltabb helyiségekben (pl. osztályterem, óvodai foglalkoztató, edzőterem, várótermek, éttermek, bárók, üzletek, mozik, színházak) a maszkviselésen és a higiénés szabályok betartásán túl a légcsere növelése, azaz a beltéri légszennyezők – köztük a vírusok - koncentrációjának csökkentése a védekezés egyik leghatékonyabb módja. Ez gyakori (gyermekintézményekben minimum óránkénti), intenzív természetes szellőztetéssel, vagy mesterséges szellőztetés esetén minimum 36 m³/óra/fő (10 l/s/fő) friss levegő bejuttatásával valósítható meg. E helyiségekben a szellőztetésen túl a zsúfoltság csökkentése a másik hatékony védekezés, mely a beengedhető személyek létszámának korlátozásával érhető el.

Nagyobb kockázatot jelenthetnek a közösen használt, kevésbé szellőztethető, ablaktalan kisebb terek is (pl. liftek, mosdó-

helyiségek, öltözők, kisebb konyhák vagy raktárak, illetve ablaktalan folyosók). E helyiségekben szükséges a belső térben tartózkodók számát szigorúan korlátozni, illetve maszkot viselni. Járványhelyzetben liftben csak az egy háztartásban élőknek célszerű együtt utazni.

Fontos megjegyezni, hogy a mobil légtisztító és légfertőtlenítő berendezésekben az átáramló levegő térfogata viszonylag alacsony, az általuk hatékonyan kiszorgálható alapterület tehát korlátozott. Használatuk inkább kisebb, nehezen szellőztethető helyiségekben lehet hasznos, elsősorban a fertőtlenítő hatású UV-C fényvel működő készülékeké vagy a kisméretű aeroszol részecskéket eltávolító, HEPA szűrővel rendelkező berendezéseké. Közösségi beltéri helyiségekben alkalmazva ezek a berendezések azonban hamis biztonságérzetet kelthetnek, így elterelődhet a figyelem az alapvetően fontos szellőztetés szükségességéről, tehát akár növelhetik is a fertőződés kockázatát. Hatékonyságuk és biztonságosságuk változó, közülük az ózont is termelő légtisztítók károsak is lehetnek az egészségre.

Nyilatkozatok

A közlemény más folyóiratban korábban nem jelent meg, és máshová beküldésre nem került. A közlemény végleges változatát valamennyi szerző elolvasta és jóváhagyta.

Anyagi támogatás

A közlemény elkészítése anyagi támogatásban nem részesült.

Szerzői érdekeltségek

A szerzőknek nincsenek a tartalmat érintő érdekeltségeik.

Irodalomjegyzék

1. Jiang Y, Wu XJ, Guan YJ. Effect of ambient air pollutants and meteorological variables on COVID-19 incidence. *Infect. Control Hosp. Epidemiol.*, 2020, 41(9), 1011-1015. <https://doi.org/10.1017/ice.2020.222>
2. Ogen Y. Assessing nitrogen dioxide (NO₂) levels as a contributing factor to coronavirus (COVID-19) fatality. *Sci. Total Environ.*, 2020, 726, 138605. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138605>
3. Bashir MF, Ma BJ, Bilal et al. Correlation between environmental pollution indicators and COVID-19 pandemic: A brief study in Californian context. *Environ. Res.*, 2020, 187, 109652. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109652>
4. Travaglio M, Yu Y, Popovic R et al. Links between air pollution and COVID-19 in England. *Environ. Pollut.*, 2020; 268, 115859. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115859>
5. Wu X, Nethery RC, Sabath MB et al. Air pollution and COVID-19 mortality in the United States: Strengths and limitations of an ecological regression analysis. *Sci. Adv.*, 2020, 6(45), eabd4049. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abd4049>
6. Cazzolla GR, Velichevskaya A, Tateo A, et al. Machine learning reveals that prolonged exposure to air pollution is associated with SARS-CoV-2 mortality and infectivity in Italy. *Environ Pollut.* 2020;267:115471. doi:10.1016/j.envpol.2020.115471
7. Pozzer A, Dominici F, Haines A et al. Regional and global contributions of air pollution to risk of death from COVID-19. *Cardiovasc. Res.*, 2020, 116 (14), 2247–2253. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvaa288>
8. Domingo JL, Rovira J. Effects of air pollutants on the transmission and severity of respiratory viral infections. *Review. Environ. Res.*, 2020, 187, 109650. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109650>
9. Su W, Wu, X, Geng X, et al. The short-term effects of air pollutants on influenza-like illness in Jinan, China. *BMC Publ. Health.*, 2019, 19, 1319. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7607-2>
10. Cui Y, Zhang ZF, Froines J, et al. Air pollution and case fatality of SARS in the People's Republic of China: an ecologic study. *Environ. Health.*, 2003, 2(1), 15. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-2-15>
11. Zhu Y, Xie J, Huang F, Cao L. Association between short-term exposure to air pollution and COVID-19 infection: Evidence from

- China. *Sci. Total Environ.*, 2020, 727, 138704. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138704>
12. Jiang Y, Xu J. The association between COVID-19 deaths and short-term ambient air pollution/meteorological condition exposure: a retrospective study from Wuhan, China. *Air Qual. Atmos. Health.*, 2020, 14, 1-5. <https://doi.org/10.1007/s11869-020-00906-7>
 13. Wang B, Liu J, Fu S et al. An effect assessment of airborne particulate matter pollution on COVID-19: A multi-city Study in China. preprint report, <https://doi.org/10.1101/2020.04.09.20060137>
 14. Yao Y, Pan J, Liu Z et al. Temporal association between particulate matter pollution and case fatality rate of COVID-19 in Wuhan. *Environ. Res.*, 2020, 189, 109941. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109941>.
 15. Yao Y, Pan J, Liu Z et al. Ambient nitrogen dioxide pollution and spreadability of COVID-19 in Chinese cities. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 2021, 208, 111421. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111421>.
 16. Dutheil F, Baker JS, Navel V. COVID-19 as a factor influencing air pollution? *Environ. Pollut.*, 2020, 263, 114466. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114466>
 17. Setti L, Passarini F, de Gennaro G et al. Evaluation of the potential relationship between particulate matter (PM) pollution and COVID-19 infection spread in Italy. http://www.simaonlus.it/wpsima/wp-content/uploads/2020/03/COVID_19_position-paper_ENG.pdf.
 18. Paital B, Agrawal PK. Air pollution by NO₂ and PM_{2.5} explains COVID-19 infection severity by overexpression of angiotensin-converting enzyme 2 in respiratory cells: a review. *Environ. Chem. Lett.*, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01091-w>
 19. Copat C, Cristaldi A, Fiore M et al. The role of air pollution (PM and NO₂) in COVID-19 spread and lethality: A systematic review. *Environ Res.* 2020, 191, 110129. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110129>
 20. Brunekreef B, Downward G, Forastiere F et al. Air pollution and COVID-19. Including elements of air pollution in rural areas, indoor air pollution and vulnerability and resilience aspects of our society against respiratory disease, social inequality stemming from air pollution, study for the committee on Environment, Public Health and Food Safety, European Parliament, Luxembourg, 2021. <http://www.europarl.europa.eu/supporting-analyses>
 21. World Health Organization. Transmission of SARS-CoV-2: implications for infection

- tion prevention precautions. 2020. <https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/transmission-of-sars-cov-2-implications-for-infection-prevention-precautions>
22. Fennelly KP. Particle sizes of infectious aerosols: implications for infection control. *Lancet Respir. Med.*, 2020, 8(9), 914-924. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30323-4](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30323-4)
 23. van Doremalen N, Morris DH, Holbrook M et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *N. Engl. J. Med.*, 2020, 382, 1564-1567. <https://doi.org/10.1056/NEJMc2004973>
 24. Fears AC, Klimstra WB, Duprex P et al. Persistence of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 in Aerosol Suspensions. *Emerg. Infect. Dis.*, 2020, 26(9), 2168-71. <https://dx.doi.org/10.3201/eid2609.201806>
 25. Morawska L, Milton DK. It is time to address airborne transmission of coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Clin. Infect. Dis.*, 2020, 71(9), 2311-2313. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa939>
 26. Zuo YY, Uspal WE, Wei T. Airborne Transmission of COVID-19: Aerosol Dispersion, Lung Deposition, and Virus-Receptor Interactions. *ACS Nano.*, 2020, 14(12), 16502-16524. <https://doi.org/10.1021/acsnano.0c08484>
 27. Lewis D. Is the coronavirus airborne? Experts can't agree. *Nature*, 2020, 580, 175. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-00974-w>
 28. Comunian S, Dongo D, Milani C, Palestini P. Air pollution and Covid-19: The role of particulate matter in the spread and increase of Covid-19's morbidity and mortality. Review. *Int. J. Environ. Res. Public. Health.*, 2020, 17(12), 4487. <https://doi.org/10.3390/ijerph17124487>
 29. CDC. How COVID-19 spreads? October 2020. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/how-covid-spreads.html#edn1>
 30. CDC. Scientific Brief: SARS-CoV-2 and potential airborne transmission. October 2020. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/more/scientific-brief-sars-cov-2.html>
 31. Martelletti L, Martelletti P. Air pollution and the novel Covid-19 disease: a putative disease risk factor. *SN Compr. Clin. Med.*, 2020, 15, 1-5. <https://doi.org/10.1007/s42399-020-00274-4>
 32. Sanità di Toppi L, Sanità di Toppi L, Bellini E. Novel coronavirus: how atmospheric particulate affects our environment and health. *Challenges*, 2020, 11(1), 6. <https://doi.org/10.3390/challe11010006>

33. *Lolli, S, Chen, Y, Wang, S et al.* Impact of meteorological conditions and air pollution on COVID-19 pandemic transmission in Italy. *Sci. Rep.*, 2020, 10, 16213. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73197-8>
34. *Harmooshi NN, Shirbandi K, Rahim F.* Environmental concern regarding the effect of humidity and temperature on 2019-nCoV survival: fact or fiction. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*, 2020, 27(29), 36027-36036. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09733-w>