

A Magyar Tudományos Akadémia  
poszt-COVID-jelenségek  
kutatására irányuló pályázata  
nyerteseinek eredményei

Research Results of Grantees  
from the Hungarian Academy of Sciences'  
Post-COVID Research Programme

2021—2024

MTA

[mta.hu](http://mta.hu)

A kézirat lezárásának dátuma: 2025. május 15.  
Date of manuscript completion: 15 May 2025

A kötetben szereplő összefoglalókat és azok képi anyagát (fotók, ábrák) a Magyar Tudományos Akadémia Poszt-COVID-jelenségek kutatására irányuló támogatásában részesült kutatók bocsátották az MTA rendelkezésére.  
The summaries and accompanying visual materials (photographs, figures) included in this volume were provided to the Hungarian Academy of Sciences by the grantees of the Academy's Post-COVID Research Programme.

© Kozsik Diana, 2025

© Magyar Tudományos Akadémia / Hungarian Academy of Sciences, 2025

Magyar Tudományos Akadémia / Hungarian Academy of Sciences  
1051 Budapest, Széchenyi István tér 9.  
mta.hu

Kiadja / Published by: Magyar Tudományos Akadémia / Hungarian Academy of Sciences

Kiadásért felel / Responsible for publication: Freund Tamás, az MTA elnöke /  
President of the Hungarian Academy of Sciences

Nyelvi lektor / Language editors: Földes Zsuzsanna, Mike Leszkai

Tervezőgrafikus / Graphic designer: Szabó Éva Evu

Képszerkesztő, tördelő / Image editor and layout designer: Dudás Tamás

ISBN 978-615-6448-64-4

ISBN 978-615-6448-65-1 (pdf)

Minden jog fenntartva, beleértve a sokszorosítás, a nyilvános előadás, a rádió- és televízióadás, valamint a fordítás jogát, az egyes összefoglalókat illetően is.  
All rights reserved, including the rights of reproduction, public performance, radio and television broadcasting, and translation, including with respect to individual summaries.

A Magyar Tudományos Akadémia  
poszt-COVID-jelenségek  
kutatására irányuló pályázata  
nyerteseinek eredményei

Research Results of Grantees  
from the Hungarian Academy of Sciences'  
Post-COVID Research Programme

2021—2024

Szerkesztette / Editor:  
Kozsik Diana

Magyar Tudományos Akadémia  
2025

# Tartalom

## Contents

Előszó Foreword	10
--------------------	----

<b>Orvosi tudományok</b> Medical Sciences	15
--	----

#### **KOLLER ÁKOS**

A poszt-COVID-állapot hatása az agyi véráramlás reaktivitására fizikailag aktív és inaktív felnőttek körében. A sport prevenció/szerepének felismerése The effects of post-COVID on cerebral blood flow reactivity in physically active and inactive young adults. Recognising the preventative and rehabilitative roles of sport	16
--	----

#### **KOVÁCS GÁBOR**

A gyermekek poszt-COVID-szindrómájának kialakulásában kulcsszerepet játszó immun-(epi)genetikai komponensek felfedésének utánkövetéses vizsgálata Follow-up study to evaluate new immuno-epigenetic factors on paediatric post-COVID syndrome	24
--	----

#### **SPERLÁGH BEÁTA**

A SARS-CoV-2-fertőzés hosszú távú hatásai az idegrendszer fejlődésére The long-term impact of SARS-CoV-2 infection on central nervous system development	28
---	----

5

#### **SZÉLL MÁRTA**

Az immunológiai háttér felmérése és a poszt-COVID-szindróma előrejelzése extracelluláris vezikulák molekuláris profilalkotásával Assessment of immunological background and prediction of post-COVID syndrome through molecular profiling of extracellular vesicles	34
--	----

#### **TISZLAVICZ LÁSZLÓ**

A COVID-19-vírusfertőzés okozta hosszú távú mitokondriális sérülés hatásainak feltérképezése és a potenciális további terápiás lehetőségek azonosítása Assessment of the long-term effects of COVID-19-induced mitochondrial damage and identification of suitable therapeutic options	40
---	----

#### **TÓZSÉR JÓZSEF**

SARS-CoV-2-fertőzés és a COVID-19-vakcináció hatásainak <i>in vitro</i> vizsgálata <i>In vitro</i> studies of the effects of SARS-CoV-2 and COVID-19 vaccination	44
---	----

**WERLING KLÁRA**

Az autofágia szerepének vizsgálata a poszt-COVID-szindróma  
gastrointesztinális szövődményeinek kialakulásában

Role of autophagy in the gastrointestinal manifestations of post-COVID

50

## **Biológiai tudományok**

Biological Sciences

55

**BAY PÉTER**

Akut, szubakut COVID-19- és poszt-COVID-betegekben fellépő  
autoimmun reakciók vizsgálata

Auto-immune reactions targeting the heart and lungs in acute and subacute  
COVID-19 and post-COVID patients

56

**DÉNES ÁDÁM**

A gyulladás és mikroglia szerepe a COVID-19 rövid és hosszú távú  
idegrendszeri hatásainak kialakulásában

Role of inflammation and microglia in COVID-19-related neuropathology and  
long-term neurological symptoms

60

**ORBÁN TAMÁS**

A SARS-CoV-2 vírus hatása szövetspecifikus endogén mikro-RNS-ek  
stabilitására

The influence of the SARS-CoV-2 virus on the stability of tissue-specific  
endogenous microRNAs

66

**SARKADI BALÁZS**

Az akut és krónikus COVID-19 betegség kialakulását és súlyosságát  
befolyásoló genetikai háttér kutatása

Research into the human genetic background potentially affecting  
the development and severity of post-COVID syndrome

70

## **Pszichológia**

Psychology

75

**CSERJÉSI RENÁTA**

Poszt-COVID-betegek neuropszichológiai funkcióinak innovatív  
rehabilitációja

Innovative rehabilitation of neuropsychological functions in post-COVID patients

76

**GAÁL ZSÓFIA ANNA**

A kognitív hanyatlás kompenzációja poszt-COVID-betegeknél  
Training-induced compensation of cognitive decline in post-COVID patients 82

**KIRÁLY ILDIKÓ**

A virtuális világ okozta változások a társas megismerésben: Ugyanúgy értünk-e másokat a virtuális világban, mint ha találkoznánk?  
Changes in social cognition caused by the virtual world: Do we understand others online as we do in person? 88

**POGÁNY ÁKOS**

A járvány rövid és hosszú távú hatásai óvodáskorú gyerekek digitális eszközhasználatára és szociokognitív fejlődésére  
Short- and long-term effects of the pandemic on the digital device use of and socio-cognitive development in preschoolers 94

## **Szociológia**

Sociology 103

**ALBERT FRUZZSINA**

Az oltakozási szándék megértése különböző társadalmi kontextusokban — gépi tanulási megközelítés  
Understanding vaccination intention in various social contexts — a machine learning approach 104

**KOVÁCH IMRE**

COVID-19-járvány — társadalmi egyenlőtlenségek és integráció  
The COVID-19 pandemic — social inequalities and integration 110

**LELESZI-TRÓBERT ANETT MÁRIA**

Családi gondozók kiegészítési ideje, munkaerőpiacon tartása pandémia és poszt-pandémia idején  
Burnout prevention and retention of family carers in the labour market during pandemics and post-pandemic periods 114

**TAUSZ KATALIN**

Társadalmi innovációk a fogyatékosággal élő személyeket támogató formális és informális szektorok ökoszisztémájában a COVID-19-világjárvány idején  
Social innovations in the ecosystem of formal and informal sectors supporting people with disabilities during the COVID-19 pandemic 122

## Közgazdaság-tudomány

Economics

127

**HALMAI PÉTER**

Elkerülhető-e a korszakos stagnálás a poszt-COVID-időszakban?

Can secular stagnation be avoided in the post-COVID era?

128

**JÁKI ERIKA**

A gazdasági világválság és a COVID-19-időszak gazdaságélénkítő és hitelprogramjainak hatásvizsgálata — Tanulságok és javaslatok

Impact assessment of the economic recovery and credit programmes

during the global economic crisis and COVID-19 — lessons learned and

recommendations

134

## Állam- és jogtudomány

Law and State Science

143

**GÁRDOS-OROSZ FRUZZSINA**

A jogrendszer reagálóképessége a poszt-COVID-társadalomban:

kockázatok és lehetőségek

The responsiveness of the legal system in a post-COVID society: risks and

opportunities

144

## Politikatudomány

Political Science

149

**MIKECZ DÁNIEL**

Tudományellenes mozgalmak és attitűdök a koronavírus-járvány alatt

Anti-scientific movements and attitudes during the coronavirus pandemic

150

**SZABÓ ANDREA**

Generációk azonosítása Big Data logikával a poszt-pandémiás időszakban

Identifying generations using Big Data logic in the post-pandemic period

156



## **Informatika**

Computer Science

163

**REGULY ISTVÁN ZOLTÁN**

Élet az állandósuló COVID világában: optimális, precíziós járványkezelés

Living in the world of persistent COVID: optimal, precise pandemic management

164

## **Földrajztudomány**

Geography

169

**VARGA GYÖRGY**

Levegőkörnyezeti változások a COVID-szankciók függvényében Eurázsia különböző földrajzi régióiban

Atmospheric environmental changes in response to COVID-19 sanctions in different geographical regions of Eurasia

170

Előszó

Foreword

Az új típusú koronavírus (SARS-CoV-2) okozta világjárvány 2020-ban nemcsak az egészségügyet állította korábban nem látott kihívás elé, hanem világszerte valósággal sokkolta a gazdasági és társadalmi életet is. A pandémia számos kérdést vetett fel az élet szinte minden területén — az egészségügy mellett a gazdaságban, a társadalomban, az oktatásban, a környezetvédelemben, a politikai jogok gyakorlása és az emberi kapcsolatok terén is.

Ezen összefüggő problémák együttes, komplex kezelésének vizsgálatára és megoldási javaslatok kidolgozására hirdette meg az Akadémia 2021-ben nagy kockázatú alap kutatásokat támogató, interdiszciplináris programját a poszt-COVID-jelenségek kutatására.\* Az MTA egyik, küldetésében is megfogalmazott vállalása a mindenkori kiválóságon alapuló pályázati rendszer működtetése. A társadalmi, környezeti és gazdasági kihívásokra adandó válaszok csak a tudomány legfrissebb eredményeinek figyelembevételével vezethetnek hatékony, fenntartható megoldásokhoz. Az említett pályázati kiírás célja az volt, hogy tudományos tényekre alapozott válaszokat kapjunk a koronavírus-járvány hatásairól.

A pályázatok benyújtása és értékelése két ciklusban történt. A támogatást elnyerő kutatók 2021. december 1-től, illetve 2022. április 1-től kezdhették meg a munkájukat. A teljes támogatási időszak legfeljebb két év volt, a máso-

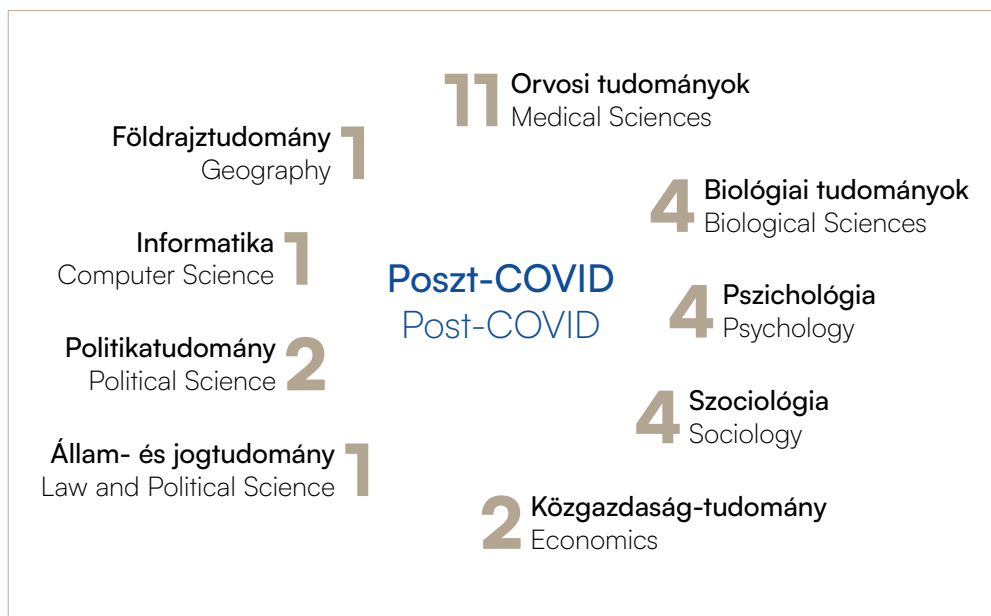
The pandemic caused by the novel SARS-CoV-2 coronavirus in 2020 not only posed unprecedented challenges for the healthcare sector, but caused a true shock worldwide in both economic and social terms. The course and impact of the pandemic have raised many questions across nearly all areas of life — not only in healthcare but also in the economic, social, educational and environmental spheres, as well as in the exercise of political rights and human relations.

In 2021, the Hungarian Academy of Sciences (MTA) launched an interdisciplinary post-COVID research programme to support high-risk, fundamental research and to develop solutions to address these interconnected problems in a collective and complex way. One of the ways in which the Academy fulfils its role in its mission is by operating a system of calls for proposals based on continuous excellence. Responses to societal, environmental and economic challenges can only lead to effective and sustainable solutions if they take into account the latest scientific results. The call for proposals aimed to provide scientifically-based answers on the impact of the novel coronavirus pandemic.

Proposals were submitted and evaluated in two cycles, with the researchers who received funding starting their work on 1 December 2021 and 1 April 2022. The maximum total funding period was two years, and the second

---

\* <https://mta.hu/aktualis-palyazati-kiirasok/palyazati-felhivas-a-post-covid-jelensegek-kutatasara-iranyulo-nagy-kockazatu-palyazatok-benyujtasara-111495>



1. ábra

A Magyar Tudományos Akadémia poszt-COVID-jelenségek kutatására irányuló pályázati támogatását elnyert projektek megoszlása tudományágak szerint

Figure 1

Distribution of projects awarded funding by the Hungarian Academy of Sciences for research on post-COVID phenomena by discipline

dik év támogatásának feltétele az első évre ígért kutatási eredmények sikeres teljesítése volt.

A pályázat során kiváló kutatók nyerték el az Akadémia támogatását. Tudományágak szerinti megoszlásuk az 1. ábrán látható. A kutatók szimpóziumokon, riportokban számoltak be eredményeikről, továbbá 2024 novemberében, a Magyar Tudomány Ünnepe sikeres rendezvényén is, ahol bemutatták a kiemelkedő eredményt hozó projekteket.\*\* Az előadásokon szó volt az emberi szervezetben a vi-

year of funding was conditional on the successful completion of the research results promised for the first year.

Outstanding researchers were awarded support by the Academy, and their findings, based on scientifically validated results, identified and addressed a range of health, economic, social, cultural and geographical challenges. The distribution of winning projects by discipline is shown in Figure 1. The results of the programme were presented in symposia and re-

\*\* <https://mta.hu/tudomanyunnep2024-felvetelek/poszt-covid-jelensegek-kutatasa-114074>

rus hatására lezajló gyulladásos és immunológiai változásokról, a genetikai háttér szerepéről, a járvány okozta válság gazdasági hatásairól, a közszolgálatok működéséről, a jogrendszer alkalmazkodóképességéről, a társadalmi beilleszkedésről, a légszennyezettség járvány alatti alakulásáról, továbbá a kisgyermekek digitális eszközhasználatáról és arról, mit gondolnak az online zajló világról.

A kötetben a nyertes projekteket sikeresen megvalósító csoportvezetők összegzik a poszt-COVID-jelenségekkel kapcsolatos eredményeiket.

*Erdei Anna,*  
az MTA rendes tagja,  
az MTA főtitkárhelyettese,  
a Poszt-COVID Zsűri elnöke

ports, as well as at the successful Hungarian Science Festival event in November 2024, where the results of the most successful projects were presented. In addition to the inflammatory and immunological changes that occurred in the human body as a result of the virus and the results of research related to genetic backgrounds, the presentations covered the economic impact of the crisis caused by the pandemic, the functioning of public services, the flexibility and adaptability of the legal system, the role of social inclusion, the changes in air pollution during the epidemic, as well as young children's use of digital devices and their perceptions of the online world.

In the following pages, the winning project leaders summarised their achievements in the course of their work to explore some of the important elements of the background to post-COVID phenomena in their respective fields of study.

*Anna Erdei,*  
Full Member of MTA  
Deputy Secretary-General of MTA  
President of the Post-COVID Jury





# Orvosi tudományok

## Medical Sciences



## KOLLER ÁKOS

Semmelweis Egyetem  
Semmelweis University

A poszt-COVID-állapot hatása az agyi véráramlás reaktivitására fizikailag aktív és inaktív felnőttek körében. A sport prevenciós/rehabilitációs szerepének felismerése

The effects of post-COVID on cerebral blood flow reactivity in physically active and inactive young adults. Recognising the preventative and rehabilitative roles of sport

Kutatótársak  
Co-researchers

Deák Darina, Debreczeni Róbert, Járai Anna Dóra, Magyar-Stang Rita, Pál Hanga, Seregély Beáta, Takács Johanna



A SARS-CoV-2-fertőzést követően megjelenő vaszkuláris, neurológiai és kognitív tünetek részben azzal a tényssel kapcsolatosak, hogy a koronavírus a kardiovaszkuláris rendszert és a központi idegrendszert is megtámadja. Ezért kutatásaink e két fő irányra fókuszáltak.

## 1. Az agyi vérkeringési reaktivitás változása poszt-COVID-szindrómában

Eddig csak néhány tanulmány vizsgálta embereken a cerebrovaszkuláris reaktivitást vírusfertőzést követően, különösen poszt-COVID-szindrómában. Kutatásunkban feltételeztük, hogy a kis agyi artériák autoregulációja gyengülhet poszt-COVID-szindrómában, és emiatt az agyi autoreguláció is elégtelenné válik, amit specifikus noninvaszív tesztek alkalmazásával detektálhatunk. A transzkraniális Doppler- (TCD-) ultrahang új fejlesztései lehetővé teszik az agyi véráramlás sebességének folyamatos nyomon követését a középső agyi artériában, jelezve a cerebrovaszkuláris reaktivitást (1. kép).

Kimutattuk, hogy az agyi vérkeringési reaktivitás jelentősen csökkent poszt-COVID-szindrómában (1. ábra). A poszt-COVID-szindrómában szenvedő személy jelentős kognitív diszfunkciókat mutatott egy évvel a fertőzést követően a COVID-19-fertőzésen át nem esett egészséges kontrollszemélyhez képest.

Vizsgálatokat végeztünk a COVID-19-fertőzés terjedésével kapcsolatban a Semmelweis Egyetem Szemé-

Vascular, neurological and cognitive symptoms following SARS-CoV-2 coronavirus infection are partly related to the fact that the coronavirus attacks both the cardiovascular system and the central nervous system. Therefore, our research focused on the following two main areas.

## 1. Changes in cerebrovascular reactivity in post-COVID

Only a few studies have examined cerebrovascular reactivity in humans following viral infection, especially post-COVID. In our study, we hypothesised that the autoregulation in the small cerebral arteries is weakened by post-COVID, and therefore cerebral autoregulation also becomes insufficient (this can be detected with specific non-invasive tests). The novel developments of Transcranial Doppler (TCD) ultrasound allow the continuous monitoring of blood flow velocity in the human middle cerebral artery, indicating cerebrovascular reactivity (Picture 1).

Our studies showed that cerebral autoregulation and cerebrovascular reactivity were significantly reduced in post-COVID patients (Figure 1). An individual with post-COVID showed significant cognitive dysfunction one year after the infection compared to the healthy control who has not contracted the coronavirus.

We conducted studies on the spread of the COVID-19 infection in collaboration with the Department of Ophthalmology, Semmelweis University, which showed that COVID-19 can also



1. kép

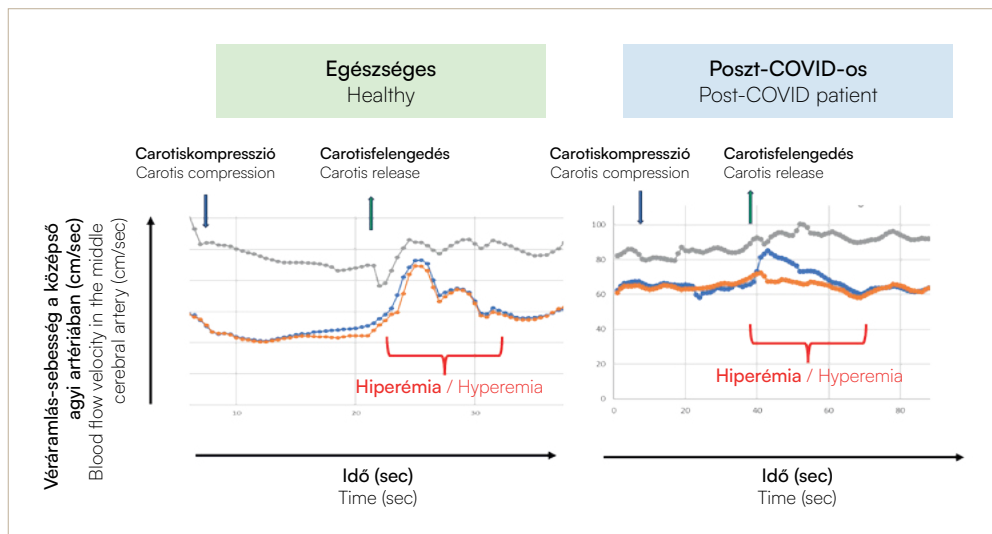
A transzkraniális véráramlás mérése (Dr. Debreczeni Róbert laboratóriuma, Semmelweis Egyetem Neurológiai Klinika)

Az agyi véráramlás mérése a koponyára helyezett érzékelőfejjel, transzkraniális Doppler-módszerrel. A monitoron a véráramlás sebességének mérése látható.

Picture 1

Measuring cerebral blood flow velocity with TCD ultrasound (Ultrasound Laboratory of Dr. Róbert Debreczeni, Department of Neurology, Faculty of Medicine, Semmelweis University)

The monitor shows the TCD signals indicating cerebral blood flow velocity at Doppler



1. ábra

A véráramlási válaszok egészséges személyben és poszt-COVID-os betegen

Az agyi áramlásnövekedés, a reaktív hiperémia (narancssárga vonal) nagymértékben csökkent poszt-COVID-állapotban.

Figure 1

Cerebral blood flow velocity in healthy and post-COVID patients

Increase in cerebral blood flow velocity (reactive hyperaemia) is greatly reduced for post-COVID patients

szeti Klinikájával együttműködésben. Kimutattuk, hogy a COVID-19 a szem nyálkahártyáján keresztül is terjedhet, és fertőzést okozhat. Mindez felveti annak lehetőségét, hogy fontos lehet a megfelelő védőszemüveg használata, valamint hogy a szem környékéről a központi idegrendszerbe is könnyebben bekerülhet a vírus.

Fiatal nőkben (N=802) vizsgáltuk, hogy a rendszeres fizikai aktivitás összefüggésbe hozható-e a COVID-19-fertőzés alatti és utáni tünetek számával, igazolva a korábbi feltételezést, miszerint a rendszeres fizikai aktivitás csökkentheti a COVID-19-fertőzés és a poszt-COVID-szindróma kockázatát. Eredményeink alapján, bár a rendszeres fizikai aktivitás nem járt együtt a COVID-19-fertőzés és a poszt-COVID-szindróma ritkább előfordulásával, jelentős összefüggést mutatott a mentális és neurológiai tünetek kisebb számával mind az akut COVID-19, mind a poszt-COVID-szindróma esetében és az újrafertőzés arányának csökkenésével. Eredményeinket a *Scientific Reports* folyóiratban közzeltük.

## 2. A kognitív funkciók változása poszt-COVID-szindrómában

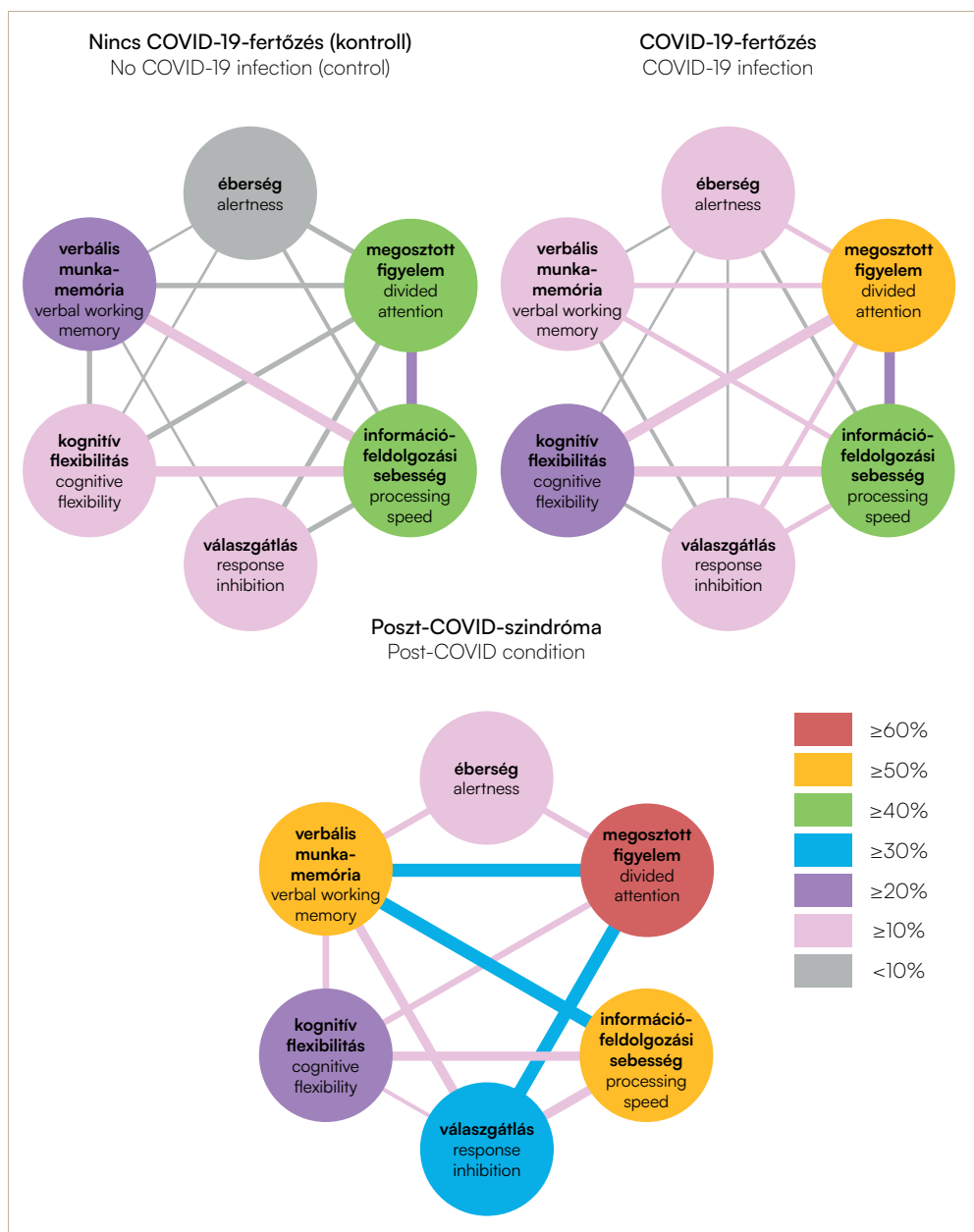
A poszt-COVID-szindrómát a WHO *Post COVID-19 CRF* kérdőív segítségével több mint ezer személynél mértük fel. A kérdőív a fizikai aktivitásra, a COVID-19 elleni védőoltásra, az akut COVID-19 betegség diagnózisára, az akut COVID-19 betegség utáni kórházi kezelésre, az újrafertőzésre, a munkával/tanulással töltött időtartam és további tevékeny-

spread through the mucous membrane of the eye and cause infection. These results suggest that it may be important to wear appropriate protective goggles, as the virus may also be more easily transmitted from the eye area to the central nervous system.

We examined whether there is a relationship between the number of symptoms, for acute COVID-19 and post-COVID female patients (N=802), and their levels of habitual physical activity. Previous studies have assumed that regular physical activity correlates with a lower risk of COVID-19 infection and the development of post-COVID syndrome. Our results show that although there was no relationship between level of physical activity and prevalence of COVID-19 infection and post-COVID, there was a significant relationship between a lower number of mental and neurological symptoms and the level of physical activity in both acute COVID-19 and post-COVID patients, and a reduced rate of reinfection. Our results were published in *Scientific Reports*.

## 2. Changes in cognitive functioning in post-COVID patients

Post-COVID syndrome was assessed in more than a thousand people using the WHO *Post COVID-19 CRF* questionnaire, which includes questions on physical activity, COVID-19 vaccination, the diagnosis of acute COVID-19, hospitalisation, reinfection, changes in time spent working/studying and additional activities, and the occurrence of symptoms after COVID-19 infection. Of those who completed the ques-



2. ábra

A tünetek összefüggése kontroll- és COVID-fertőzésen átesett személyekben

Figure 2

Network of co-occurrence of the impaired cognitive functions (%) in the groups: no COVID-19 infection; COVID-19 infection; and post-COVID condition. Line thickness corresponds to frequency, suggesting the strength of associations.

Line and circle colour refer to the frequency indicated with different colours

ségek változásaira, valamint az akut COVID-19-fertőzést követő tünetek előfordulására vonatkozó kérdéseket tartalmazott. Az eredményekből készült cikket elküldtük a *LIFE* folyóiratnak, amelytől pozitív véleményeket kaptunk, és cikkünk 2025-ben meg is jelenik. Az eredményeket feldolgozó pályamunkájával Deák Darina orvostanhallgató első helyezést ért el a 2025. évi, 37. OTDK Orvos- és Egészségtudományi Szekciójában.

Poszt-COVID-szindrómában az egyik leggyakrabban tapasztalt, fennmaradó tünet a kognitív diszfunkció, de csak néhány tanulmány vizsgálta a COVID-19-fertőzés hosszú távú kognitív hatásait a kognitív funkciók különböző területein. Fiatal felnőttekben vizsgáltuk a kognitív funkciókat két évvel a fertőzést követően (COVID-19-fertőzésen át nem esett, COVID-19-fertőzésen átesett, poszt-COVID-szindrómában szenvedő személyek [N=107]). Poszt-COVID-szindrómában a verbális munkamemóriában, a megosztott figyelemben és a válaszgátlásban tapasztalható rosszabb teljesítmény és a károsodott kognitív funkciók együttes előfordulása gyakoribb (2. ábra). Fiatal felnőttekben a vizsgált kognitív funkciókban megnövekedett reakcióidő tapasztalható, ami kognitív lassulásra utal poszt-COVID-szindrómában.

Eredményeink rámutatnak arra is, hogy a rendszeres testmozgás hozzájárul az agyi véráramlás-szabályozás alkalmazkodásához, ami egyéb vírusos fertőzéses állapotokhoz hasonlóan a sport megelőző szerepét igazolja poszt-COVID-szindrómában is. Vizsgálatunk lehetőséget ad arra, hogy

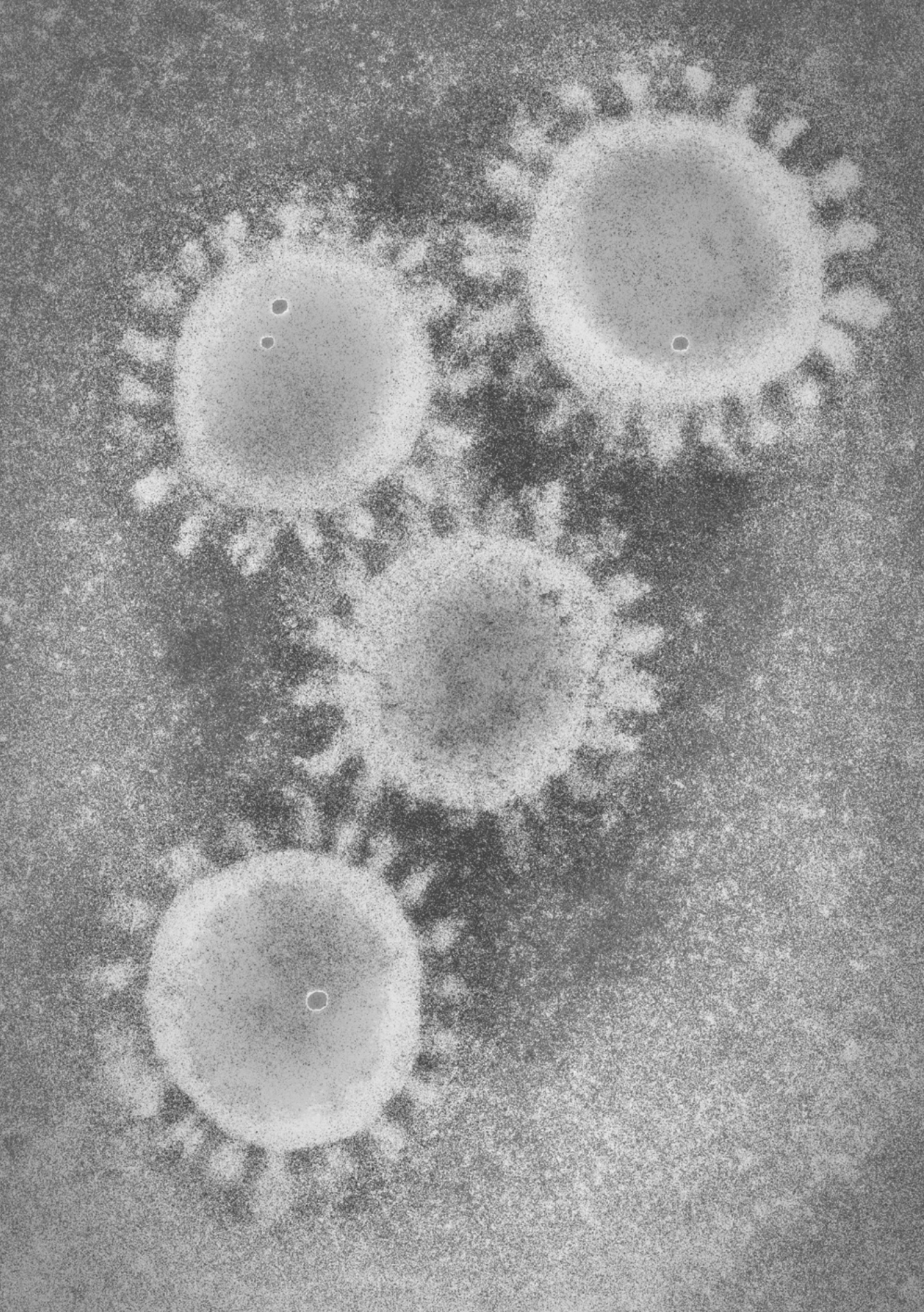
tionnaire, 132 completed the Vienna Test System (neuro) computerised assessment of cognitive function, which assesses attention, memory and executive functions. The article based on the results was sent to the journal *LIFE*, where we received positive reviews, so it is expected to be published in 2025. From the results, Darina Deák, a medical student scientist, won first place in 2025 at 37th National Student Research Conference in Medical and Health Sciences Section.

Cognitive dysfunction is one of the most commonly experienced post-COVID symptoms, though only a few studies have examined the long-term effect of COVID-19 infection on different cognitive functions. We examined cognitive function in young adults two years after COVID-19 infection (groups: COVID-19 infection; no COVID-19 infection; and post-COVID infection [N=107]). For post-COVID syndrome, we detected a lower performance in verbal working memory, divided attention and response inhibition. The co-occurrence of these impaired cognitive functions was also more pronounced in post-COVID individuals (*Figure 2*). In young adults, we also detected increased reaction times in all cognitive tasks, which indicates cognitive slowing in post-COVID syndrome.

Our results also indicate that regular exercise contributes to the adaptation of cerebral blood flow regulation, which supports the preventative role of sport in post-COVID individuals, similarly to other viral infectious conditions. Our findings provide an opportunity to explore the persistent

a COVID-19-fertőzés okozta és tartósan fennálló agyi vérkeringési tüneteket és kognitív változásokat felderítsük, ami hozzájárulhat a megfelelő terápia kidolgozásához.

cerebral circulatory symptoms and cognitive changes caused by COVID-19 infection, potentially contributing to the development of appropriate treatment modalities.





## KOVÁCS GÁBOR

Semmelweis Egyetem  
Semmelweis University

A gyermekek poszt-COVID-szindrómájának kialakulásában kulcsszerepet játszó immun-(epi)genetikai komponensek felfedésének utánkövetéses vizsgálata

Follow-up study to evaluate new immuno-epigenetic factors on paediatric post-COVID syndrome

Kutatótársak  
Co-researchers

Abonyi Tünde, Beniczky Nikolett Jusztina, Besze Orsolya, Buzás Edit Irén, Erhardt Júlia Krisztina, Fekete Nóra, Hervay Judit, Kovács Árpád Ferenc, Kovács Sándor Dávid, Li Luca Kamilla, Németh Ágnes, Némethi Zaránd, Pállinger Éva, Ranyák Márta



A 2019-ben világpandémiát okozó, új típusú koronavírus-fertőzést követően úgy a felnőttek, mint a gyermekek egy részében elhúzódó jellegű tünetek alakultak ki. A tünetek kialakulása hülámzó, de visszatérő dinamikát mutat, és szerteágazó jelleggel több szervet is érínthet. E tünetegyüttest nevezzük „poszt-COVID-szindrómának”. Jelen kutatásban arra kerestük a választ, milyen szerepet játszik a szindróma kialakulásában az immunsejtek működésének megváltozása.

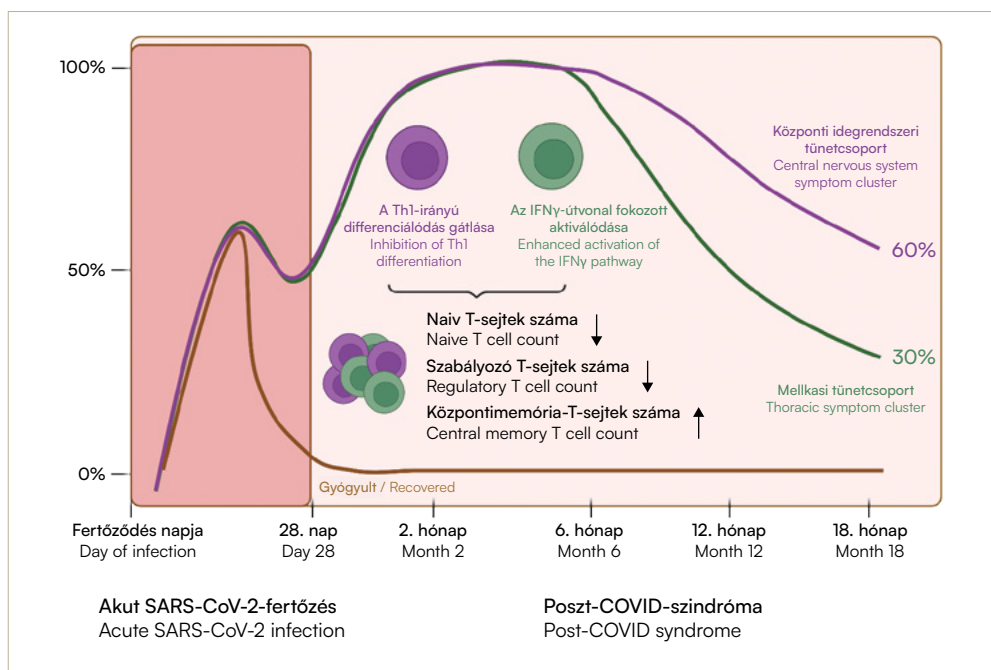
2021 júliusa és 2023 júliusa között 254 poszt-COVID-szindrómás gyermek vérmintáját gyűjtöttük össze, és adatbázist építve részletesen feldolgoztuk a klinikai adataikat. Tünettanuk függvényében alcsoportokba soroltuk az érintett gyermekeket.

Kutatásunk során a vérben lévő fehérvérsejtek egy speciális alcsoportjának, a T-sejteknek a részletes vizsgálatát végeztük el. A T-sejtek kiemelkedő szerepet játszanak a vírusfertőzések elleni védekezésben, ezért működésük zavara magyarázatot adhat a koronavírus-fertőzés utáni elhúzódó tünetekre. Vizsgálataink során a sejt-működést az örökítőanyagról átíródó, úgynevezett hírvivő RNS-(mRNS-) molekulák mérésével jellemeztük, ami felvilágosítást ad a sejtek aktuális működéséről, és lehetővé teszi a különféle feladatok ellátására szakosodott T-sejt-alcsoportok azonosítását. Azt találtuk, hogy az elhúzódó központi idegrendszeri tünetekkel (fejfájás, szédülékenység, íz- és/vagy szaglászvesztés, alvási nehezítettség) rendelkező gyermekek naív T-sejtjei nem tudnak megfelelő hatékonysággal differenciálódni, azaz a vírusfertőzés ellen haték-

After the COVID pandemic of 2019, children and adults suffered from prolonged symptoms of the disease, post-COVID syndrome, suffering from varied, atypical, undulant symptoms occurring in different organs of the body. In this research we analysed the immunological processes behind the symptoms.

Between July 2021 and July 2023, 254 children were involved in the study, and their blood samples and clinical data were collected. The affected children were classified into subgroups according to their symptomatology.

We analysed a special sub-group of blood leucocytes, T lymphocytes. T cells play an important role in immune defence, mostly against viral infections, therefore, their dysfunction may explain the prolonged symptoms following coronavirus infection. We measured the messenger RNA of the T cells to detect special functioning and patho-mechanisms of these immune cells in patients with post-COVID syndrome, which offers insight into the current activity of the cells and enables the identification of T cell subsets specialised in performing distinct functions. We found that in children with prolonged central nervous system symptoms (such as headache, dizziness, loss of taste and/or smell, and sleep disturbances), naïve T cells were unable to differentiate effectively — meaning they could not develop into effector T cells that provide protection against viral infections. In contrast, among children reporting chest-related symptoms (including shortness of breath, chest pain, and palpitations), it was the func-



1. ábra

A tünetek előfordulási gyakorisága

Figure 1

Frequency of symptom occurrence

kony védelmet nyújtó T-sejtek (végrehajtó sejtekké) alakulni. A mellkasi panaszokról (nehézlégzés, mellkasi fájdalom, fokozott szívdobogásérzet) beszámoló gyermekek esetében ezzel szemben a kialakult végrehajtó sejtek működése változott meg. Minden poszt-COVID-szindrómával jelentkező gyermeknél, függetlenül a tünetek típusától, a szabályozó T-sejtek csökkenését találtuk (1. ábra).

A molekuláris genetikai módszerrel (mRNS-vizsgálattal) kapott eredményeket az ugyancsak egyedi sejtek vizsgálatára alkalmas, fehérjeszintű vizsgálatokkal is azonosítottuk. Ez

tion of the already differentiated effector T cells that was altered. In all children presenting with post-COVID syndrome, regardless of the type of symptoms, we observed a reduction in regulatory T cells (Figure 1).

The results obtained using molecular genetic methods (mRNA analysis) were also validated by protein-level techniques capable of examining individual cells. This method, flow cytometry, characterises immune cells circulating in the blood based on the quantity and quality of proteins present on the cell membrane and inside the cells. Using this approach,

a módszer (áramlási citometria) a vérben keringő immunsejteket a sejtmembránban és a sejtek belsejében jelen lévő fehérjék mennyisége és minősége alapján jellemzi. Így azonosítani tudtuk a koronavírus-specifikus T-sejt-alcsoportokat is. Eredményeink szerint a koronavírus-specifikus memória-T-sejtek fajlagosságában eltérések mutatkoztak: a SARS-CoV-2 replikációját elősegítő fehérjékre fajlagos T-sejtek aránya csökkent, míg a vírus sejtekbe való bejutásában szerepet játszó fehérje elleni immunsejtek aránya emelkedett volt a poszt-COVID-szindrómában szenvedő gyermekek vérében a fertőzésen átesett, de krónikus tünetekkel nem rendelkező gyermekekhez képest.

A klinikai adatok elemzése szerint a központi idegrendszeri tüneteket mutató gyermekek kétharmad részénél a tünetek még a fertőzés után 18 hónappal is megmaradtak. Ez az arány a mellkasi tüneteket mutató betegcsoportban lényegesen alacsonyabb volt, a poszt-COVID-szindrómás gyermekek megközelítőleg egyharmadát érintette.

Vizsgálatainkkal igazoltuk, hogy a poszt-COVID-szindróma hátterében kimutatható a T-sejtes immunválasz zavara. Eredményeink hozzásegítenek a poszt-COVID-szindróma kialakulásának molekuláris szintű megismeréséhez, hosszú távon hozzájárulhatnak új, előre jelző biomarkerek felfedezéséhez és terápiás célpontok azonosításához, amelyekkel a betegség időtartama csökkenthető és a betegek életminősége várhatóan javítható lesz.

we were also able to identify coronavirus-specific T cell subpopulations. According to our findings, the specificity of SARS-CoV-2-specific memory T cells showed notable differences: the proportion of T cells specific to proteins that support viral replication was reduced, while the proportion of immune cells targeting the protein involved in viral entry into host cells was elevated in the blood of children with post-COVID syndrome, compared to those who had recovered from the infection without developing chronic symptoms.

Based on our analysis of the clinical data, two-thirds of children with central nervous system symptoms continued to exhibit these symptoms even eighteen months after the infection. In contrast, this proportion was significantly lower in the group with chest-related symptoms, affecting approximately one-third of children with post-COVID syndrome.

Our investigations confirmed that post-COVID syndrome is associated with a dysregulated T cell immune response. These findings contribute to a molecular-level understanding of the development of post-COVID syndrome and may, in the long term, support the discovery of novel predictive biomarkers and therapeutic targets. Such advances could help shorten the duration of the disease and improve the quality of life for affected patients.



## SPERLÁGH BEÁTA

HUN-REN Kísérleti Orvostudományi Kutatóintézet  
HUN-REN Institute of Experimental Medicine

### A SARS-CoV-2-fertőzés hosszú távú hatásai az idegrendszer fejlődésére

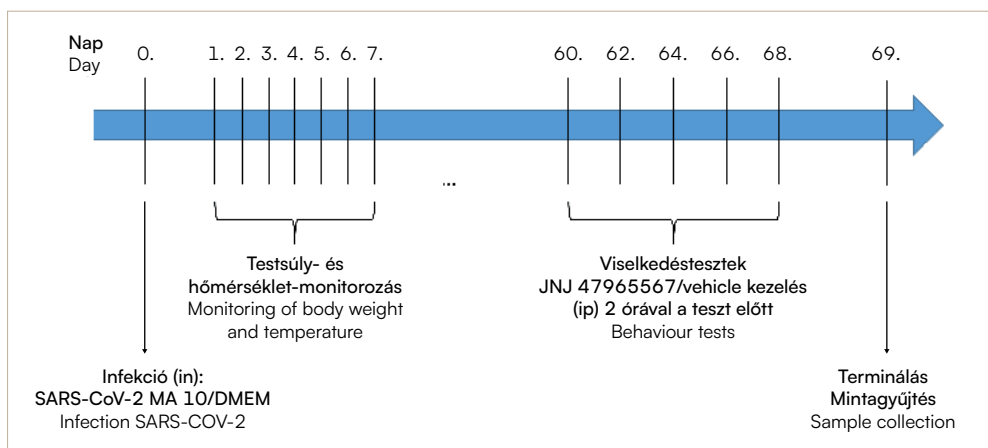
### The long-term impact of SARS-CoV-2 infection on central nervous system development

Kutatótársak  
Co-researchers

Göloncsér Flóra, Iring-Varga Bernadett, MaácZ Fruzsina, Otrókocsi Lilla,  
Szabó Dorottya, Tod Pál, Török Bibiána

A SARS-COVID-2- (SARS-CoV-2-) pandémia, az elmúlt évtizedek leg-súlyosabb világjárványa a Föld teljes lakosságának egészségi állapotára és az egészségügyi ellátórendszerre is rendkívül súlyos terhet rótt. Kísérleteink eredeti célkitűzése SARS-CoV-2-fer-tőzés hosszú távú — részben a viselke-désre, részben pedig az idegrendszer fejlődésére tett — hatásainak feltárása volt állatkísérletekben. Mivel a pan-démia alatt több COVID-19 elleni védőoltást is alkalmaztak világszerte (pl. Moderna [mRNA-1273]; Pfizer-BioNTech COVID-19, Comirnaty [BNT162b2] mRNS-vakcinák), kíváncsiak voltunk a terhesség alatti COVID-19 elleni vakcináció hosszú távú, a neuronális fejlődésre gyakorolt hatásaira is. Mi-vel a SARS-CoV-2 egereket nem fer-tőz, az állatkísérleteket a vírusnak egy egérre adaptált változatával végeztük el (SARS-CoV-2 MA10), az egereket a humánfertőzéssel analóg módon, cseppfertőzés útján fertőztük meg. A fertőzést követő első héten megfig-yeltük az egerek általános közérzetét, melynek során emelkedett a testhő-mérsékletük, és folyamatosan csök-kent a testsúlyuk (*1. ábra*). A fertőzést követő második hét elteltével viselke-désteszteket végeztünk az egereken, amelyek az állatok aktivitásának, kog-nitív és motoros működésének, vala-mint szorongásszerű vagy depresszív viselkedésének vizsgálatára alkalmas tesztek voltak (nyílt tér, új tárgy felis-merése, emelt keresztpalló, locsolás, önápolás). A vírussal fertőzött cso-portra jellemzőbb volt a szorongás, és sokkal kevesebb időt töltöttek a sző-rük ápolásával a vizsgálatok során, ami depressziószerű magatartásnak tekinthető. Érdekes módon az is kide-rült, hogy a P2X7 receptor génihiányos

The SARS-CoV-2 pandemic, the worst pandemic in decades, has taken a heavy toll on the health of the world's population and on health care systems. The original objective of our experiments was to investigate the long-term effects of the SARS-CoV-2 infection in animal models — partly on behaviour and partly on neurode-velopment. Since several COVID-19 vaccines were used worldwide during the pandemic — for example, Moderna (mRNA-1273) and Pfizer-BioN-Tech/Comirnaty (BNT162b2) mRNA vaccines — we were also curious about the long-term effects of COV-ID-19 vaccination during pregnancy on neuronal development. As SARS-CoV-2 does not infect mice, animal experiments were performed with a mouse-adapted version of the virus (SARS-CoV-2 MA10), with mice being infected by droplet infection in a man-ner analogous to human infection. The general well-being of the mice was monitored during the first week after infection, during which their body temperature increased and their body weight decreased steadily (*Figure 1*). At the end of the second week after infection, we performed behavioural tests on the mice, including monitor-ing of the animals' activity, cognitive and motor functions, and anxiety-like or depressive behaviours (open field, novel object recognition, elevated plus maze, splash, self-groom-ing). The virally infected group was more likely to be anxious and spent much less time self-grooming during the studies, which could be consid-ered as depression-like behaviour. In-terestingly, it was also found that mice deficient in the P2X7 receptor gene developed fewer of these symptoms.



### 1. ábra

*Kísérleti protokoll. Az egerek SARS-CoV-2 MA10-fertőzését követően testsúly- és testhőmérséklet-monitorozás, viselkedésteszték JNJ 47965567-vagy oldószerkezelés mellett, majd terminálás és mintagyűjtés történt.*

### Figure 1

*After infecting mice with SARS-CoV-2 MA10, body weight and body temperature were monitored, behavioural tests (JNJ 47965567 or vehicle treatment) were performed, followed by termination and sample collection.*

egerekben kevésbé alakulnak ki ezek a tünetek. Bár a humán-egér összehasonlítás a legfejlettebb agyi funkciók területén limitált következtetések levonására alkalmas, vizsgálataink modelül szolgálhatnak a COVID-19-fertőzés okozta anatómiai, biokémiai és viselkedésbeli változások tanulmányozására, és egy lehetséges új gyógyszer-célpontot is azonosítottak a jövőbeni esetleges SARS-CoV-2-fertőzések és idegrendszeri következményeik kezelésében.

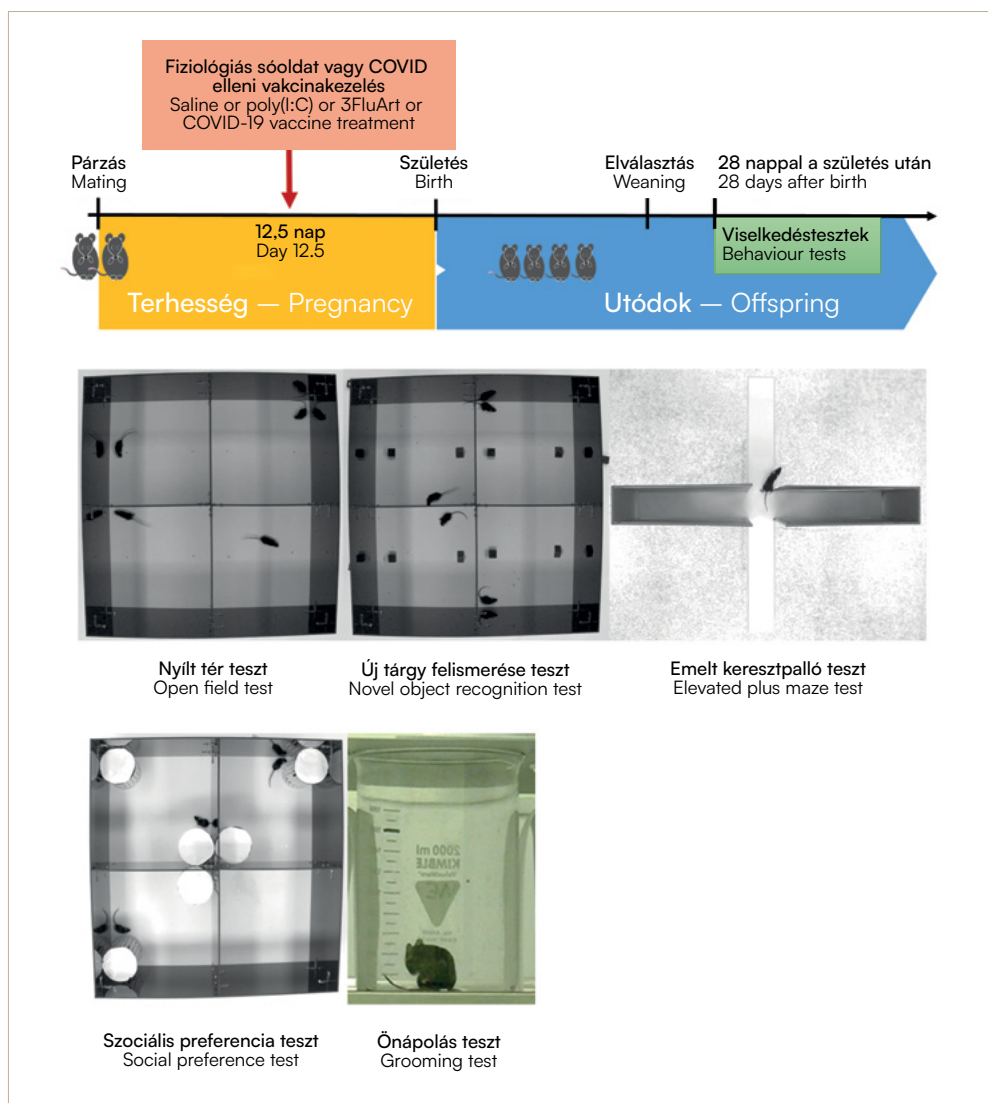
A COVID-19 elleni védőoltás utódokra gyakorolt hatását vemhes nőstény egerek immunizálásával vizsgáltuk, és összevetettük a sókezelés, a vírusfertőzést imitáló poly(I:C) kezelés, valamint a Fluart3 influenza elleni vakcina és a BNT162b2 vakcina hatását. Az utóbbi vakcina beadását követő napon az anyai vérplazmában megemelkedett interferonválaszt mértünk. Magatartásteszteket a fiatal utódegeken végeztünk, melyekben az állatok aktivitását, társas viselkedését, autisztikus és esetlegesen szorongásszerű jellemzőit vizsgáltuk. A tesztek alatt kimutatható volt a szorongásos viselkedés a BNT162b2-vel beoltott anyák utódainál, az ismétlődő sztereotip viselkedéselemek is gyakoribbak voltak önápolás során, azonban a szociális interakciók zavarát nem tapasztaltuk náluk. Összességében véve a BNT162b2 vakcina gyengébb hatásokat okozott, mint a poly(I:C) kezelés, mind az immunválasz, mind pedig a viselkedési hatások tekintetében (2. ábra).

Rövid távon kísérleteink hozzájárulhatnak a SARS-CoV-2-fertőzés, valamint a vakcináció hosszú távú hatásainak megértéséhez, továbbá a klinikai vizs-

Although human-mouse comparisons are limited in drawing conclusions in the area of the most advanced brain functions, our studies can serve as a model for studying the anatomical, biochemical and behavioural changes induced by COVID-19 infection; they also identified a potential new drug target for the treatment of future possible SARS-CoV-2 infections and their neurological consequences.

The effects of COVID-19 vaccination on offspring were investigated by immunising pregnant female mice and comparing the effects of saline treatment, poly(I:C) treatment mimicking viral infection, the Fluart3 influenza vaccine and the BNT162b2 vaccine. An increased interferon response in maternal plasma was measured the day after administration of the latter vaccine. Behavioural tests were performed on the young offspring mice to test their activity, social behaviour, and autistic- and anxiety-like characteristics. During the tests, anxiety-like behaviour was detectable in the offspring of BNT162b2-inoculated mothers, and repetitive stereotypic behaviours were more frequent during self-grooming, but social interaction disturbances were not observed in them. Overall, the BNT162b2 vaccine produced weaker effects than the poly(I:C) treatment, both in terms of immune response and behavioural effects (Figure 2).

In the short term, our experiments can contribute to an understanding of the long-term effects of SARS-CoV-2 infection and vaccination and to improving the efficacy and success of clinical trials and procedures. In



32

2. ábra

A vemhes nőstény egerek COVID-19 elleni védőoltását követően, fiatal utódjaikon végzett magatartásteztek során az aktivitást, a társas viselkedést, valamint az autisztikus és szorongásszerű jellemzőket vizsgáltuk

Figure 2

Behavioural tests of young offspring of pregnant female mice after vaccination against COVID-19 were performed to assess activity, social behaviour, and autistic- and anxiety-like traits



gálatok és eljárások hatékonyságának és sikerességének a fejlesztéséhez. Hosszabb távon a kidolgozott rágcsálómódel a jövőben is alapul szolgálhat más, hirtelen felbukkanó, a központi idegrendszert is befolyásoló fertőzések hatásainak a tanulmányozásához .

the longer term, the developed rodent model may also serve as a basis for future studies into the effects of other emerging infections affecting the central nervous system.



**SZÉLL MÁRTA**

Szegedi Tudományegyetem  
University of Szeged

**Az immunológiai háttér felmérése  
és a poszt-COVID-szindróma előrejelzése  
extracelluláris vezikulák molekuláris  
profilalkotásával**

**Assessment of immunological background  
and prediction of post-COVID syndrome through  
molecular profiling of extracellular vesicles**

**Kutatótársak**  
Co-researchers

Bordács Barbara, Böröczky Tímea, Bukva Mátyás, Buzás Krisztina, Dobra Gabriella,  
Gyukity-Sebestyén Edina, Kecskeméti Gábor, Kocsis Andrea, Nyiraty Szabolcs,  
Polgár Tamás Ferenc, Szabó Zoltán, Várkonyi Tamás

A projekt azokat a molekuláris folyamatokat igyekezett feltérképezni, amelyek előre jelezhetik a poszt-COVID-szindróma kialakulását a COVID-19 akut szakaszában gyűjtött vérminták elemzésével.

A kutatás központi célja az volt, hogy a vérből (pontosabban a szérumból) kinyert „kisméretű extracelluláris vezikulák” (sEV-k) fehérje-összetételét vizsgálva előre jelezhessük a későbbi, elhúzódó poszt-COVID-tünetek megjelenésének valószínűségét. Így már a kórházi kezelés alatt felmérhető, mely pácienseknek van nagyobb esélyük később kialakuló, tartós panaszokra.

A kutatási programot szoros hazai együttműködés keretében valósítottuk meg, melyben a Szegedi Tudományegyetem Orvosi Genetika Intézete, Immunológiai Tanszéke, Orvosi Vegytani Intézete és a Belgyógyászati Klinika is részt vett. A szérummintákat klinikus szakemberek segítségével az SZTE Biobankból gyűjtötték be, amelyekből az sEV-eket speciális (méretalapú) kromatográfiai eljárással különítették el (1. ábra).

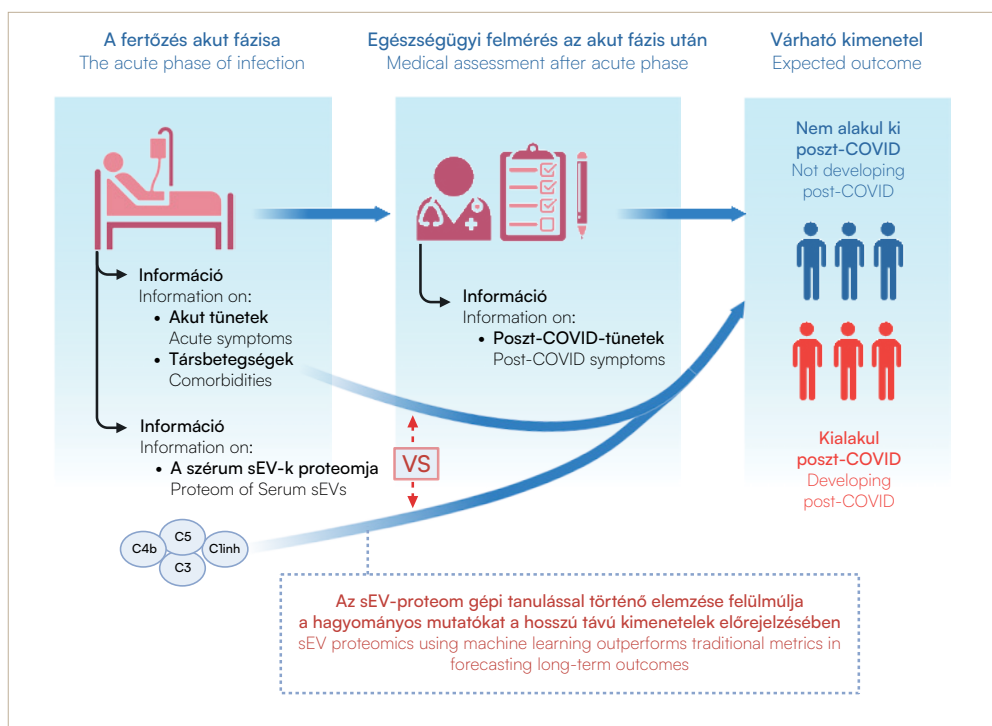
A projekt egyik kulcseredménye, hogy azoknál a betegeknél, akiknél később poszt-COVID-szindróma alakult ki, az immunológiai folyamatokban szerepet játszó komplementfehérjék – például a C1-inhibitor, a C3 és a C5 – magasabb koncentrációban jelentek meg az sEV-kben, mint azoknál, akik teljesen tünetmentesen gyógyultak fel. Emellett a mesterséges intelligenciára támaszkodó osztályozó modellek az sEV-k fehérjetartalma alapján nagy, 90%-os pontossággal különböztették

The project aimed to predict the development of post-COVID syndrome by analysing molecular processes in samples collected during the acute phase of COVID-19 through extracellular vesicle profiling.

The essence of the research was to examine the protein composition of “small extracellular vesicles” (sEVs) extracted from blood, specifically serum, to predict the likelihood of prolonged post-COVID symptoms. This approach enabled the early identification of patients at higher risk of long-term complications, even during hospitalisation.

The research programme was carried out through close national collaboration involving the Department of Immunology, the Institute of Medical Chemistry, the Department of Medical Genetics, and the Department of Internal Medicine at the University of Szeged. At the beginning of the study, clinical professionals and the University of Szeged Biobank facilitated sample collection. The sEVs were then isolated using specialised size-exclusion chromatography techniques (Figure 1).

One of the key findings of the project was that in patients who later developed post-COVID syndrome, complement proteins involved in immunological processes, such as C1 inhibitor, C3, and C5, appeared in significantly higher concentrations in sEVs compared to those who recovered without persistent symptoms. In addition, classification models based on artificial intelligence, trained on the protein composition of sEVs, distinguished high-risk patients with re-



1. ábra

*A kutatás egyszerűsített grafikus összefoglalója*

A grafikus absztrakt szemlélteti a kutatás folyamatát, amelynek során a kutatók kórházban kezelt, a fertőzés akut szakaszában lévő betegektől vérmintákat gyűjtöttek. A mintavétellel párhuzamosan rögzítették a fertőzés során tapasztalt tüneteket és a páciensek társbetegségeit. A vérmintákból ezt követően extracelluláris vezikulákat izoláltak, majd a kórházban kezelt betegek későbbi állapotát is nyomon követték, különös figyelmet fordítva a poszt-COVID-tünetek megjelenésére. Végül mesterséges intelligencia segítségével olyan proteomikai mintázatokat azonosítottak az extracelluláris vezikulákban, amelyek már a fertőzés korai, akut szakaszában előre jelezhetnék a későbbi poszt-COVID-tünetek kialakulását.

Figure 1

*Graphical Summary of the Study*

The graphical abstract illustrates the research process, in which blood samples were collected from hospitalised patients in the acute phase of infection. Simultaneously, symptoms observed during infection and patients' comorbidities were recorded. Subsequently, extracellular vesicles were isolated from the blood samples, and the patients' conditions were monitored over time, with a particular focus on the emergence of post-COVID symptoms. Finally, artificial intelligence was used to identify proteomic patterns in the extracellular vesicles that could indicate, as early as the acute phase of infection, the likelihood of developing post-COVID symptoms.

meg a magas kockázatú betegeket azoktól, akiknél nem jelentkeztek elhúzódó tünetek. Ez a módszer eredményesebbnek bizonyult a klinikumban jelenleg alkalmazott — a társbetegségek és az akut fázis tünetei alapján történő — becslésnél (2. ábra).

A kutatás eredményei azt sugallják, hogy már az akut fázisban is olyan gyulladási folyamatok indulnak be, amelyek később szövődményeket idézhetnek elő.

A projekt során elért eredmények társadalmi és gazdasági hasznosulása több területen is megmutatkozhat. Egyrészt a kórházak számára az sEV-alapú szűrővizsgálat javíthatja az erőforrások hatékony elosztását. Ha már a betegek akut ellátása során prognosztizálható, hogy kinél várhatók hosszan elhúzódó következmények, célzottabban tervezhetők a járóbetegek- és rehabilitációs kapacitások. Másrészt a betegek és a társadalom szempontjából az időben megkezdett kezelésekkal, illetve személyre szabott rehabilitációs protokollokkal csökkenthetők a betegszabadságok, a táppénzkiadások, nem utolsósorban pedig mérsékelhető a krónikus panaszok életminőség-romboló hatása.

Az eredmények arra is rámutatnak, hogy a kis extracelluláris vezikulák a jövőben más, hosszan tartó szövődményekkel járó betegségek korai felismerésében is kulcsszerepet játszhatnak. Mindez serkentőleg hathat a hazai biotechnológiai és egészségipari fejlesztésekre, hiszen folyamatosan nő az igény az sEV-k vizsgálatához szükséges diagnosztikai eszközök és technológiák iránt.

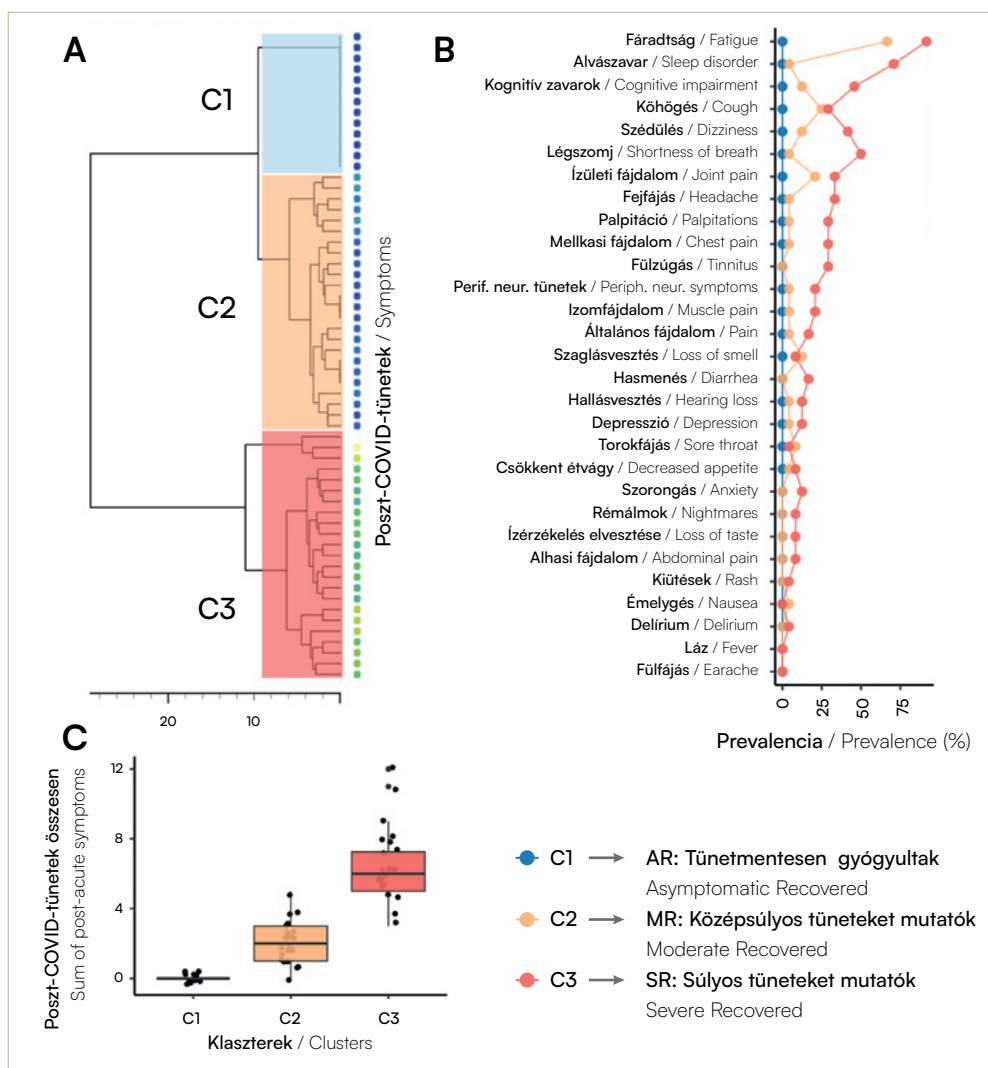
markable accuracy from those who remained symptom-free after recovery. This method proved to be more effective than the currently used clinical approach, which estimates risk based on comorbidities and acute phase symptoms (Figure 2).

The research findings suggest that inflammatory processes leading to long-term complications may already be activated during the acute phase of COVID-19.

The results of the project have several social and economic implications. For hospitals, sEV-based screening tests could improve resource allocation. If prolonged complications can be predicted as early as the acute phase of the disease, outpatient care and rehabilitation capacities can be planned more effectively. From the perspective of patients and society, early intervention and personalised rehabilitation protocols could reduce sick leave, lower healthcare-related costs and, most importantly, mitigate the negative impact of chronic symptoms on quality of life.

The findings also indicate that small extracellular vesicles may play a crucial role in the early detection of other diseases associated with long-term complications. This could stimulate developments in the Hungarian biotechnology and healthcare sectors, as interest in diagnostic tools and technologies for analysing sEVs continues to grow.

Overall, the original goal of the project — to identify patients susceptible to post-COVID syndrome through sEV-



2. ábra

A páciensek három csoportba sorolása

A kutatók a vizsgált 60 páciens poszt-COVID-tüneteik és azok száma alapján felügyelet nélküli gépi tanulási módszerrel klaszterizálták (A panel), aminek eredményeként három betegcsoport alakult ki: azok, akik tünetmentesen gyógyultak (AR csoport), valamint azok, akik középsúlyos (MR) vagy súlyos (SR) poszt-COVID-tüneteket tapasztaltak (B és C panel). A kutatás további részében a kutatók mesterségesintelligencia-alapú modelleket fejlesztettek, hogy az akut fázis tünete, a társbetegségek és az extracelluláris vezikulák fehérjeprofíljai alapján megkülönböztessék a tünetmentesen gyógyult pácienseket a poszt-COVID-tüneteket mutatóktól.

Figure 2

Classification of patients into three groups

The researchers clustered the sixty patients using unsupervised machine learning methods based on their post-COVID symptoms and their number, resulting in three distinct patient groups: those who recovered without developing symptoms (AR group); and those who experienced moderate (MR) or severe (SR) post-COVID symptoms. In the subsequent analysis, the researchers developed artificial intelligence-based models to distinguish between symptom-free recovered patients and those exhibiting post-COVID symptoms, leveraging data from acute-phase symptoms, comorbidities and extracellular vesicle protein profiles.

Összességében a pályázat eredeti célkitűzése — miszerint a COVID-19 akut szakaszában megkezdett, sEV-alapú proteomikai elemzésekkel azonosítsuk a poszt-COVID-szindrómára hajlamos betegeket — sikeresen teljesült. A vizsgálatok megerősítették, hogy az sEV-k fehérje-összetétele új, ígéretes biomarkerként szolgálhat, ami nemcsak a betegség jobb megértéséhez járul hozzá, hanem a betegek hatékonyabb ellátásszervezését is segíti. A kutatás eredményei tehát nem csupán elméleti jelentőségűek, hanem széles körű társadalmi, gazdasági és egészségügyi hasznosulással is kecsegtetnek.

based proteomic analyses conducted during the acute phase of COVID-19 — was successfully achieved. The study confirmed that the protein composition of sEVs serves as a promising biomarker, contributing not only to a better understanding of the disease, but also to more effective patient management. The research thus holds not only theoretical significance but also broad societal, economic and healthcare benefits with the potential for widespread practical application.



## TISZLAVICZ LÁSZLÓ

Szegedi Tudományegyetem  
University of Szeged

A COVID-19-vírusfertőzés okozta  
hosszú távú mitokondriális sérülés hatásainak  
feltérképezése és a potenciális további terápiás  
lehetőségek azonosítása

Assessment of the long-term effects of  
COVID-19-induced mitochondrial damage and  
identification of suitable therapeutic options

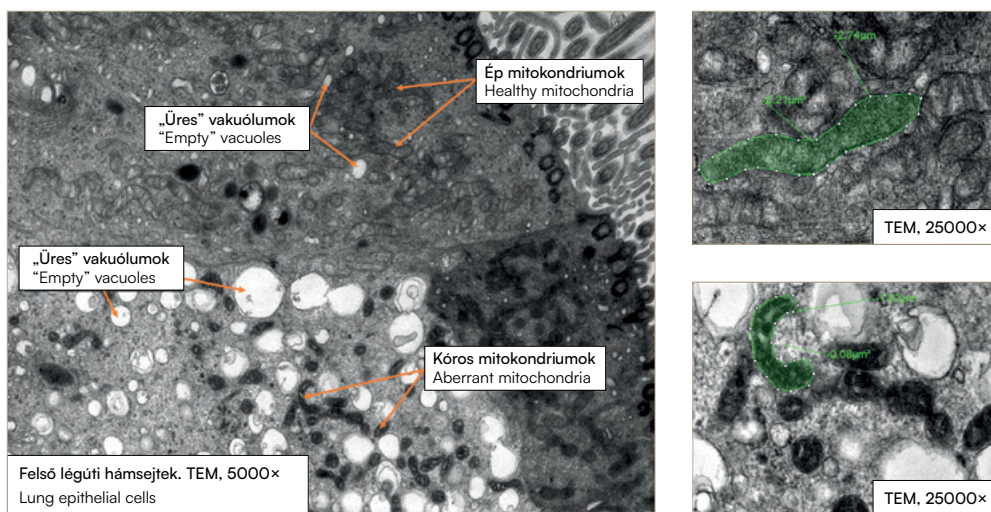
Kutatótársak  
Co-researchers

Bartha Nikolett, Borsos Barbara Nikolett, Ördög Nóra, Pankotai Tibor,  
Radics Bence, Szilágyi-Szőgi Titanilla, Sziráki Enikő



A súlyos akut légzőszervi szindróma elsődleges kiváltója a SARS-CoV-2 koronavírus-fertőzés. Az első esetet 2019-ben Vuhanban írták le, ezt követően a COVID-19 az egész világon elterjedt, ezért az Egészségügyi Világszervezet 2020 márciusában világméretűvé nyilvánította. A fertőzés után kialakuló, úgynevezett poszt-COVID-állapot olyan speciális tünetegyüttest jelent, amelynek első jelei a SARS-CoV-2-fertőzést követő három hónapban jelentkeznek. Mivel ezek a tünetek a populáció jelentős részét érintik, az elmúlt négy évben a tüneteket kialakító sejtbioológiai háttér azonosítása egyre nagyobb figyelmet kapott. Korábbi tanulmányokban már számos poszt-COVID-szindrómával kapcsolatos jelenséget azonosítottak, amelyek elsősorban a tüdőt, a szív- és érrendszert, a vérképző rendszert, az idegrendszert, a vesét, az endokrin rendszert és az emésztőrendszert érintik. Az Európai Betegségmegelőzési és Járványvédelmi Központ becslése alapján a poszt-COVID-szindrómához köthető, a SARS-CoV-2-fertőzést követően több mint 12 hétig fennálló tünetek prevalenciája az általános kérdőívek alapján 50,6%, a kórházi betegellátásba bekerülő populációban 66,5%, és az igazolt esetek körében 73,8%. Bár a legtöbb beteg néhány héten belül teljesen felépül, a SARS-CoV-2-fertőzést követően a fertőzött populáció 30–40 százaléka poszt-COVID-szindrómában szenved, amely akár hónapokig is fennállhat. Korábbi tanulmányok már rávilágítottak, hogy a COVID-19-fertőzés során egyes víruspartikulumok a mitokondriális funkciók átprogramozását indíthatják el, ami végső soron a mitokondriális energia-háztartás tel-

Coronavirus disease 2019 (COVID-19) is a novel disease caused by the severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2). The first case was described in Wuhan, China, in 2019, and subsequently COVID-19 spread rapidly globally, leading to the declaration of a pandemic by the World Health Organization in March 2020. The post-COVID condition refers to ongoing or newly developing symptoms, otherwise inexplicable, occurring up to three months after the suspected or confirmed initial SARS-CoV-2 infection. Since these symptoms affect a large segment of the population, identifying the cell-biological mechanisms behind this condition have received increasing attention over the past four years. Several patients present with a wide range of post-acute disease-related symptoms, primarily affecting the pulmonary, cardiovascular, haematologic, neuropsychiatric, renal, endocrine, gastrointestinal/hepatobiliary and integumentary systems. Furthermore, a meta-analysis assessed by the European Centre for Disease Prevention and Control estimated that the prevalence of any post-COVID symptom persisting for more than twelve weeks after SARS-CoV-2 infection was 50.6%, 66.5%, and 73.8%, respectively, among patients recruited in community questionnaires, hospitalised patients, and confirmed cases. While most patients can completely recover within a few weeks, 30–40% of SARS-CoV-2 infected individuals suffer from a post-COVID syndrome that can persist for months. Previous studies indicate that COVID-19 particles initiate mitochondrial hijacking during infection, leading to the reprogramming of



### 1. kép

*A tüdőszövetek transzmissziós elektronmikroszkópos képei*

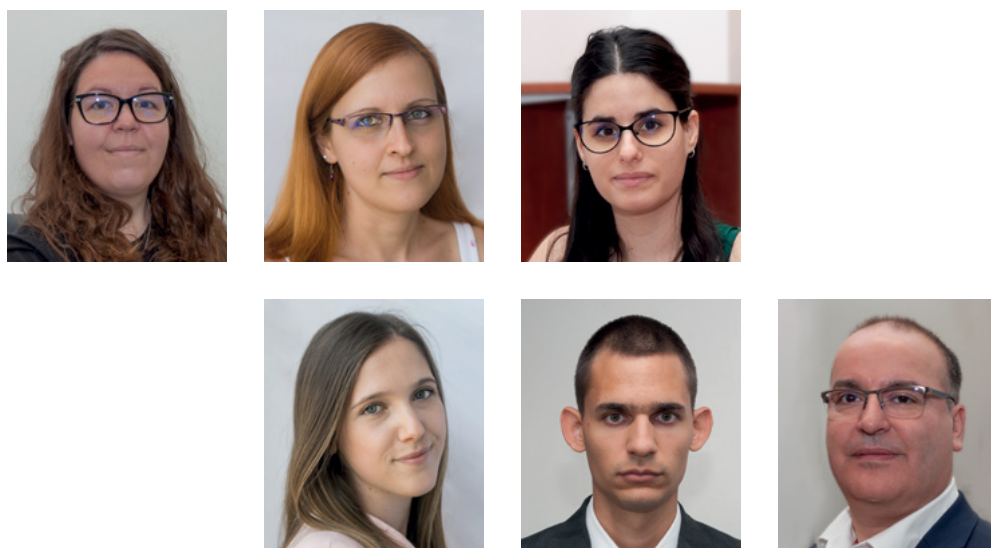
Normál és poszt-COVID-os tüdőszövetek, amelyek mitokondriumokat tartalmaznak, 5000-szeres és 25 000-szeres nagyításban

### Picture 1

*Transmission electron microscopy images of lung tissues*

Healthy and aberrant lung tissue consists of mitochondria represented at 5000× and 25,000× magnifications

42



### 2. kép

*Kutatótársak*

Balról jobbra: Szilágyi-Szögi Titanilla, Borsos Barbara Nikolett, Ördög Nóra, Bartha Nikolett, Radics Bence, Pankotai Tibor

### Picture 2

*Co-researchers*

From left to right: Titanilla Szilágyi-Szögi, Barbara Nikolett Borsos, Nóra Ördög, Nikolett Bartha, Bence Radics, Tibor Pankotai

jes újírásához vezet. Projektünkben transzmissziós elektronmikroszkópos technika felhasználásával kimutattuk, hogy a poszt-COVID-szindrómával élő betegeknél az egészséges egyének mintáitól teljesen eltérő, rendellenes mitokondriális struktúrák figyelhetőek meg. (1. kép) A mitokondriális átprogramozás továbbá a poszt-COVID-dal élő betegeknél a SOD1 fehérje megnövekedett szintjét eredményezi, és ez feltételezhetően a mitofágia nem megfelelően működő folyamatához köthető. A diszfunkcionális mitokondriumok megjelenése valószínűleg a csökkent mitokondriális újrahasonosítás folyamatának az eredménye, amit alátámaszt az a tény, hogy az egészséges önkéntesekhez képest a poszt-COVID-os betegeknél alacsonyabb cirkuláló mitokondriális DNS-szint mutatható ki a vérplazmából. Adataink arra utalnak, hogy a tartós mitokondriális diszfunkció lehet a poszt-COVID-szindróma kialakulásának elsődleges oka, valamint a krónikus betegség molekuláris hátterének megértése lehet a kulcs a poszt-COVID-szindróma súlyosságának enyhítésére is.

mitochondrial energy metabolism. In this study, we used transmission electron microscopy to highlight abnormal mitochondrial structures observed in patients with post-COVID syndrome. (Picture 1) In addition, we revealed an increased level of SOD1 protein in post-COVID patients and proposed a potential mitochondrial hijacking mechanism through dysfunctional mitophagy, as evidenced by elevated ATG4 expression. The dysfunctional mitochondria presumably lead to reduced mitochondrial recycling, reflected in lower levels of circulating cell-free mitochondrial DNA isolated from blood plasma compared to healthy volunteers. Our data indicate that persistent mitochondrial dysfunction might be the primary cause of post-COVID syndrome development. Understanding the molecular background of this chronic illness could be the key to alleviating the severity of post-COVID syndrome.



## TŐZSÉR JÓZSEF

Debreceni Egyetem  
University of Debrecen

### SARS-CoV-2-fertőzés és a COVID-19-vakcináció hatásainak *in vitro* vizsgálata

### *In vitro* studies of the effects of SARS-CoV-2 and COVID-19 vaccination

Kutatótársak  
Co-researchers

Hala Ahmad, Aya Shamal Abdullah Almuffti, Ambrus Viktor, Benkő Szilvia, Golda Mária, Janics-Pető Szilvia, Joóné Matúz Krisztina, Irene Wanjiru Kiarie, Kunkli Balázs Tibor, Linkner Tamás Richárd, Mohamed Faisal Mahdi, Miltner Noémi, Mótyán János András, Nagyné Veres Ágota, Szabó András

A SARS-CoV-2-tüskefehérjének fontos szerepe van a vírusfertőzésben, emellett vizsgálatát az is indokolja, hogy egyes vakcinák működése is a tüskefehérje általi immunizáción alapul. Kutatásaink célja többek között annak vizsgálata volt, hogy a tüskefehérje megjelenése milyen változásokat okoz humánsejtekben. Makrofág sejteket vizsgálva térképeztük fel a tüskefehérje által kiváltott transzkripciós és citokinprofil-változásokat. Jelenleg is folyamatban vannak a projekt időtartama alatt megkezdett azon kutatásaink, amelyek célja vakcinaindukált antitestek SARS-CoV-2-tüskefehérje-variánsok neutralizálására való képességének vizsgálata. Ehhez öninaktiváló lentivirionalapú kísérletes rendszert hoztunk létre, valamint neutralizációs vizsgálatokat végeztünk szérumminták felhasználásával, de kutatásainkat kiterjesztettük az antitestfüggő erősítés (ADE) jelenségének, valamint a SARS-CoV-2 fertőzőképességének különböző sejtvonalakban történő vizsgálatára is. Eredményeink segíthetnek jobban megismerni a vírusfertőzés gazdaszervezetre gyakorolt hatásait, valamint hozzájárulhatnak a vakcináció esetén a tüskefehérje által kiváltott hatások jobb megértéséhez is.

A tüskefehérje mellett kutatásaink kiemelt célpontja volt a SARS-CoV-2 egyik enzime, a fő proteáz (Mpro) is. Az Mpro-nak fontos szerepe van a vírus életciklusában a vírus saját és a fertőzött sejtek fehérjéinek hasításában egyaránt, ezért is válhatott fontos gyógyszer-célponttá. Az Mpro elleni első gyógyszer (nirmatrelvir) kutatásaink megkezdésekor engedélyezték. A humán immundeficiencia-vírus (HIV) proteáza elleni inhibitorok példájából

The SARS-CoV-2 spike protein plays an important role in the viral life-cycle, and its investigation is further warranted due to its use in vaccines that rely on spike protein-mediated immunisation. The aim of our research was, in part, to examine the changes of human immune cells induced by the spike protein. We delineated the alterations in the cellular transcriptome and cytokine levels induced by the expression of the spike protein. The aim of other ongoing studies as part of the project was to examine the efficacy of vaccine-induced antibodies in neutralising variants of the SARS-CoV-2 spike protein. To this end, we designed a self-inactivating lentivirus-based experimental system to perform neutralisation tests using serum samples and, in addition, we extended our studies to investigate the phenomenon of antibody-dependent enhancement of infection (ADE). We also began characterising the infectivity of SARS-CoV-2 variants in different cell lines. Our results can help provide a better understanding of the effects of SARS-CoV-2 infection on the cells and contribute to a better understanding of the effects induced by expression of the spike protein and the efficacy of antibodies produced in the context of vaccination.

In addition to the spike protein, we also studied another SARS-CoV-2 protein: the main protease (Mpro). This enzyme also plays an important role in the viral life-cycle via cleaving both viral polyproteins as well as proteins of the infected cells. This is the reason why Mpro became an important drug target; the first drug developed against Mpro (nirmatrel-



### 1. kép

*A Retrovirális Biokémiai Kutató Laboratórium munkatársai*

Hátso sor (balról jobbra): Golda Mária, Mótyán János András, Linkner Tamás Richárd, Kunkli Balázs Tibor, Ambrus Viktor, Mohamed Faisal Mahdi

Első sor (balról jobbra): Joóné Matúz Krisztina, Janics-Pető Szilvia, Miltner Noémi, Aya Shamal Abdullah Almuffti, Irene Wanjiku Kiarie, Nagyné Veres Ágota, Szabó András

### Picture 1

*Staff of the Laboratory of Retroviral Biochemistry research group*

Back row (from left): Mária Golda, János András Mótyán, Tamás Richárd Linkner, Balázs Tibor Kunkli, Viktor Ambrus, Mohamed Faisal Mahdi

Front row (from left): Krisztina Joóné Matúz, Szilvia Janics-Pető, Noémi Miltner, Aya Shamal Abdullah Almuffti, Irene Wanjiku Kiarie, Ágota Nagyné Veres, András Szabó

ismert tapasztalatokat felhasználva vizsgáltuk, hogy az Mpro szekvenciájának megváltozása milyen hatással lehet a nirmatrelvir hatékonyságára. Feltérképeztük az enzim és az inhibitor közti legfontosabb kölcsönhatásokat, valamint az ezeket potenciálisan befolyásoló Mpro-variánsokat, elősegítve azoknak a variánsoknak az azonosítását, amelyek kulcsszerepet játszhatnak a nirmatrelvirrel szembeni rezisztencia kialakulásában. Az Mpro szubsztrát-specifititásának vizsgálata érdekében számítógépes módszerekkel elemeztük és becsültük az Mpro lehetséges hasítóhelyeit, a becsült hasítóhelyek kísérletes vizsgálatához pedig rekombináns fehérjeszubsztrátokat terveztünk és alkalmaztunk *in vitro* és sejtkultúra-alapú vizsgálatokban egyaránt. Sikeresen jósoltunk és azonosítottunk olyan fehérjéket, amelyeket az Mpro a fertőzött sejtek fehérjeiben potenciálisan elhasíthat, ami segíthet a vírusfertőzés hatásainak jobb megértésében. Folytatjuk az Mpro *in vitro* és *in silico* vizsgálatát, jelenleg is zajlanak a specifitási és a gátlhatósági vizsgálataink.

Kutatásaink eredményeit ez idáig négy nyílt hozzáférésű közleményben publikáltuk, továbbá tíz konferenciaprezentáció (előadás vagy poszter), egy külföldi egyetemi kutatói szemináriumi előadás (Lund University, Svédország), három hallgatói diplomamunka és két tudományos diákköri konferencia-előadás formájában mutattuk be. Eredményeink két PhD-hallgató doktori disszertációjának alapját fogják képezni. A pályázat támogatásával született közleményünket 2023-ban a Gróf Tisza István Debreceni Egyetemért Alapítvány publikációs díjjal tün-

vir) was approved at the beginning of our research. Drawing on insights from the use of human immunodeficiency virus (HIV) protease inhibitors, we investigated how sequence variations in Mpro impact the efficacy of nirmatrelvir. We mapped the critical enzyme-inhibitor interactions and identified Mpro sequence variations that could potentially disrupt these interactions. This is expected to help identify enzyme mutations that might contribute to the development of resistance to nirmatrelvir. In order to investigate the substrate specificity of Mpro, we analysed and predicted possible cleavage sites of Mpro using computational approaches. We designed and applied recombinant protein substrates to experimentally investigate Mpro cleavage sites both *in vitro* and in cell culture-based studies. We successfully predicted and identified cleavage sites which can potentially be cleaved by Mpro in the proteins of the infected cells, which may help provide a better understanding of the effects of viral infection. The *in vitro* and *in silico* studies are still in progress, furthermore, we are studying the specificity and inhibition of Mpro.

The results of our research were published in four open access publications; also, we presented them in various forms: ten conference presentations (lectures or posters); a research seminar presentation (Lund University, Sweden); diploma theses (three students); and scientific student conference presentations (two students). Two students will use the obtained results to write their PhD theses. In 2023, the study that was performed



2. kép

48

*A Gróf Tisza István Debreceni Egyetemért Alapítvány publikációs díjával kitüntetett közlemény szerzői*

Hátsó sor (balról jobbra): Ambrus Viktor, Tózsér József, Mohamed Faisal Mahdi, Mótyán János András

Első sor (balról jobbra): Aya Shamal Abdullah Almuffti, Miltner Noémi, Benkő Szilvia, Hala Ahmad

Picture 2

*Authors of the publication awarded the Publication Prize of the Count István Tisza Foundation for the University of Debrecen*

Back row (from left): Viktor Ambrus, József Tózsér, Mohamed Faisal Mahdi, János András Mótyán

Front row (from left): Almuffti Aya Shamal Abdullah, Noémi Miltner, Szilvia Benkő, Hala Ahmad



tette ki, a kutatás keretében létrehozott és a SARS-CoV-2-Mpro-szubsztrátok előállításához használható expressziós plazmidokat és protokollokat pedig külföldi (USA) felsőoktatási intézmény számára bocsátottuk rendelkezésre oktatási célokra.

with the support of the project was awarded the Publication Prize of the Count István Tisza Foundation for the University of Debrecen. In addition, the expression plasmids and protocols developed as part of the project, which facilitate the production of SARS-CoV-2 Mpro substrates, were made available to a higher education institute in the United States for educational purposes.



**WERLING KLÁRA**

Semmelweis Egyetem  
Semmelweis University

**Az autofágia szerepének vizsgálata  
a poszt-COVID-szindróma gasztrointesztinális  
szövődményeinek kialakulásában**

**Role of autophagy in the gastrointestinal  
manifestations of post-COVID**

**Kutatótársak**  
Co-researchers

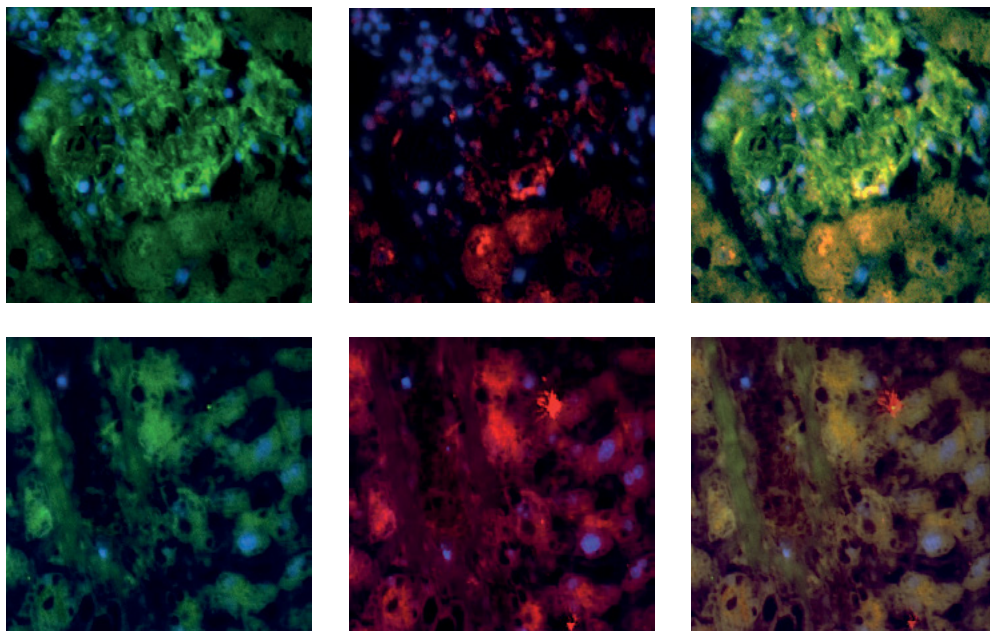
Dezső Katalin, Drácz Bálint, Kiss András, Kovalszky Ilona, Pesti Adrián,  
Reszegi Andrea, Schaff Zsuzsa†, Váncza Loránd

Eredeti célunk az autofágia szerepének vizsgálata volt a gasztrointesztinális tünetek kialakulásában COVID-19-fertőzött vagy -fertőzésen átesett poszt-COVID-betegek szövettani mintáiban. Az alacsony poszt-COVID-esetszám miatt végül 2020 márciusa és 2022 májusa között 150 COVID-19-fertőzésben elhunyt a Semmelweis Egyetem Patológiai, Igazságügyi és Biztosítási Orvostani Intézetben lévő 20 autopsziás májmintájában az autofágia (LC3, p62, Beclin-1), a mitofágia (TOMM20) és a SARS-CoV-2 vírus egyik koreceptorának számító syndecan expressziójának mértékét vizsgáltuk (1. kép), és vetettük össze a fertőzés súlyosságával és mortalitásával.

Eredményeink bizonyítják: a COVID-19-fertőzés hatására aktiválódik a szervezet öntisztuló folyamata, az autofágia (fokozott LC3-, Beclin-1-expresszió), azonban ez tökéletlenül megy végbe (a p62 fehérje működése egyértelműen csökken), ami sejtelhaláshoz, valamint a vírus gazdasejtben való további szaporodásához vezet. A kórházi mortalitás leggyakoribb okának a COVID-19 okozta légzési elégtelenség bizonyult (1–2. táblázat), azonban kutatásunk felhívja rá a figyelmet, hogy egyéb szervek, mint a máj és a vese is károsodhatnak, ami rosszabb klinikai kimenetellel jár. Kutatásunk hozzájárul ahhoz is, hogy a COVID-19 patomechanizmusának pontosabb megismerésével a jövőben lehetőség nyíljon új gyógyszertámadáspontok detektálására, ami utat nyit a COVID-19 elleni gyógyszeres terápia kifejlesztéséhez.

Our original aim was to investigate the role of autophagy in the development of gastrointestinal symptoms in biopsy samples taken from patients infected with COVID-19 or from post-COVID patients. Between March 2020 and March 2022, 150 autopsies on deceased patients with COVID-19 were performed using a general infectious-disease protocol in the Department of Pathology, Forensic and Insurance Medicine, Semmelweis University, Budapest, Hungary. Twenty liver biopsy samples were investigated using immunohistochemical analysis to detect markers of autophagy (LC3, p62, Beclin-1) and mitophagy (TOMM20) and the syndecan co-receptor for SARS-CoV-2 (Picture 1) associated with the severity of disease.

Our results prove that the body's self-cleaning process, autophagy, is activated by COVID-19 infection (increased LC3 and Beclin-1 expression), but this occurs imperfectly (the function of the p62 protein is clearly reduced), which leads to cell death and further multiplication of the virus in the host cell. Respiratory failure caused by COVID-19 has proven to be the most common cause of hospital mortality (Table 1 and 2), but our research draws attention to the fact that other organs, such as the liver and kidneys, can also be damaged, which leads to worse clinical outcomes. Our research also contributes to the fact that a more precise understanding of the pathomechanism of COVID-19 will allow the detection of new drug targets in the future, which will pave the way for the development of drug therapy against COVID-19.



1. kép

Felső sor: nekrotikus törmelék sérült endotélsejtekkel a májban. Zöld: heparán-szulfát. Vörös: SARS-CoV-2 vírus. Sárga: átmenet a két minta között. Alsó sor: elpusztult endotélsejtekkel körbevelt szinuszoidális tér.

Picture 1

Top row: necrotic mass in a small blood vessel of the liver surrounded by injured endothelial cells (green: HS; red: COVID; yellow: overlap of the two pictures). Bottom row: sinusoid surrounded by dying endothelial cells. Close to the vessel, partly necrotic.

Változó Variable	COVID-19-ben elhunyt betegek (N=20) COVID-19 autopsy cohort (N=20)
Férfi/Nő / Male/female	12/8
A halál okai / Cause of death	
Légzési elégtelenség / Respiratory failure	18
Kardiovaszkuláris betegségek / Cardiovascular diseases	1
Szepszis, sokszervi elégtelenség / Sepsis with multiorgan failure	1
Komorbiditások / Comorbidities	
Magas vérnyomás / Hypertension	11
Diabétesz / Diabetes	6
Stroke / Stroke	6
Vesebetegség / Kidney diseases	3

1. táblázat

A COVID-19-ben elhunyt betegek komorbiditási adatai, halálzásuk okai

Table 1

Clinical characteristics of COVID-19 autopsy cohort

Változó Variable	Érték (IQR) Value (IQR)	Normál tartomány Normal range
Életkor (évek) / Age (years)	66 (51,25–77,5)	
Kórházi tartózkodás ideje (napok) Length of hospitalisation (days)	16 (15–17)	
CRP	131,25 (85,15–177,63)	< 8 mg/L
IL–6	79,9 (49,43–101,88)	< 5 pg/ml
PCT	1,90 (1,02–3,14)	< 0,1 µg/L
WBC	17,3 (13,63–18,05)	4–10 G/L
AST	47,5 (38,75–55,25)	< 40 U/L
ALT	37 (30,75–40,25)	< 40 U/L
GGT	77 (66,75–84,75)	< 55 U/L
Albumin	32 (30,75–34,25)	35–52 g/L
INR	1,15 (0,99–1,25)	0,8–1,2
LDH	960,5 (795,75–1253,5)	< 170 U/L
D–dimer	862 (693–1029,75)	< 0,5 mg/L
TNF–alpha	8,79 (7,67–9,96)	<8,1 pg/mL
IgA	3,85 (3,78–3,99)	0,8–3 g/L
IgG	9,85 (9,77–9,93)	6–16 g/L
IgM	0,99 (0,88–1,09)	0,4–2,5 g/L

## 2. táblázat

### Laboratóriumi adatok

Magyarázat: CRP: C-reaktív protein; IL-6: interleukin-6; PCT: procalcitonin; WBC: fehérvérsejtszám; AST: aszpartát-aminotranszferáz; ALT: alanin-aminotranszferáz; GGT: gamma-glutamil-transzferáz; INR: international normalized ratio; LDH: laktát-dehidrogenáz; TNF-alfa: tumornekrozis-faktor-alfa; IgA: immunglobulin A; IgG: immunglobulin G; IgM: immunglobulin M

## Table 2

### Laboratory data in the COVID-19 autopsy cohort

Legend: CRP: C-reactive protein; IL-6: interleukin-6; PCT: procalcitonin; WBC: white blood cells; AST: aspartate aminotransferase; ALT: alanine aminotransferase; GGT: gamma-glutamyltransferase; INR: international normalised ratio; LDH: lactate dehydrogenase; TNF-alpha: tumour-necrosis factor alpha; IgA immunoglobulin A; IgG: immunoglobulin G; IgM: immunoglobulin M





**Biológiai tudományok**  
Biological Sciences



**BAY PÉTER**

Debreceni Egyetem  
University of Debrecen

**Akut, szubakut COVID-19- és poszt-COVID-  
betegekben fellépő autoimmun reakciók  
vizsgálata**

**Auto-immune reactions targeting the heart and  
lungs in acute and subacute COVID-19 and  
post-COVID patients**

Kutatótársak  
Co-researchers

Fagyas Miklós, Nagy Béla, Papp Zoltán, Szabó Tamás, Tóth Attila,  
Tóth Emese, Varga Petra



A kutatási program célja a COVID-19, illetve a COVID-19 lezajlását követően kialakuló poszt-COVID-szindróma során fellépő immunológiai változások megismerése és a poszt-COVID-tünetek kialakulására gyakorolt hatásuk feltérképezése volt.

Felnőtt, akut COVID-19-ben szenvedő betegek szérumbintáiban megvizsgáltuk és azonosítottuk a szív és a tüdő elleni antitesteket. A betegek zöme termelt szív elleni (a betegek ~80%-a) vagy tüdő elleni (a betegek ~50%-a) autoantitesteket; ezek az arányok magasabbak, mint más gyakori, e szerveket érintő betegségek esetében. Több betegnél megfigyeltük, hogy a betegség progressziójával az autoantitest-titer növekedett. A COVID-19-ben elhunyt betegek között az autoantitesteket termelő betegekben magasabb volt a szívkárosodást jelző markerek szintje. A tüdő elleni autoantitestek zömmel az IgM osztályba tartoztak, ami arra utal, hogy az éppen zajló SARS-CoV-2-fertőzés hatására kialakult B-sejt-klónok termelik őket. A COVID-19 klinikai képe az autoantitest-termelő betegekben — különösen azok esetében, akik háromnál több autoantitestet termeltek — rosszabb volt, gyakoribb volt az elhalálozás, a többszervi elégtelenség, illetve a citokinviharra jellemző markerek szintje is magasabb volt. Két olyan tüdő elleni autoantitest-célponthoz azonosítottunk, amelynek megjelenése drasztikusan rosszabb mortalitással járt együtt. Akut és szubakut (MIS-C) COVID-19-beteg gyermekekben nem azonosítottunk tüdő elleni, csak szív elleni autoantitesteket, összhangban a betegség klinikai képével. Az autoimmun jelenségek fennma-

The aim of the project is to characterise the immunological reactions that occurred during COVID-19 that may have subsequently contributed to post-COVID symptoms.

We characterised the anti-cardiac and anti-pulmonary autoantibodies produced in the serum of adult patients with acute COVID-19. The majority of adult acute COVID-19 patients developed anti-cardiac (~80% of all patients) or anti-pulmonary autoantibodies (~50% of all patients); these rates are higher than in other common diseases affecting these organs. We observed, in multiple patients, increases in the levels of autoantibodies with progression of the disease. In terms of anti-cardiac autoantibody production, the markers of cardiac damage were higher in those patients who died of COVID-19. Most anti-pulmonary autoantibodies were of the IgM class, suggesting that these autoantibody clones developed due to the recent SARS-CoV-2 infection. The clinical picture and outcomes of COVID-19 were worse in the case of the pulmonary autoantibody-producing patients, especially among those producing more than three different autoantibodies (“multiproducers”) in terms of negative treatment outcomes, multi-organ failure, pulmonary, hepatic and kidney function and autoimmune features. We identified two pulmonary autoantibody clones that were associated with drastically increased mortality. For pediatric patients with acute and sub-acute (MIS-C) COVID-19, we did not observe anti-pulmonary autoantibody production, only anti-cardiac autoantibodies, consistent with the clinical picture of

radnak a poszt-COVID-időszakban is. A poszt-COVID-időszakban termelődő autoantitestek, érdekes módon, szinte kivétel nélkül IgM osztályba tartoznak, és a tüdő, a szív és az érrendszeri célpontok ellen termelődnek.

Eredményeink arra utalnak, hogy a betegség akut fázisában számos célpont ellen termelődnek autoantitestek, azonban ezeknek az autoantitesteknek csak egy kis része jár együtt rosszabb kimenettel a betegség akut fázisában. Ha a betegség időbeli lefolyását vizsgáljuk, a megjelenő autoantitesteknek csak egy kisebb része termelődik a szubakut és a poszt-COVID-időszakban.

Több olyan biomarkert azonosítottunk a perifériás vérben, amely alkalmas a SARS-CoV-2-fertőzés súlyosságának és lefolyásának karakterizálására. Az endotélsejt-aktiváció markereinek korai megemelkedése (VCAM-1, E-selectin) nagyobb mortalitási kockázattal járt. A szolúbilis VCAM-1-szintek a Horowitz-indexszel és az IL-6-szinttel mutattak korrelációt. A SARS-CoV-2 specifikus neutralizáló antitestek titerének meghatározásával hatékonyan tudtuk értékelni a humorális immunválaszt a különböző védőoltások hatásának monitorozásakor.

Azonosítottunk egy olyan biokémiai útvonalat, amely a COVID-19 során fellépő gyulladós válasz kialakulását segíti elő. A PARP enzimek aktivációja a tüdőben a betegség korai fázisában megtörténik, az aktivációt a szövetben megjelenő vírusfehérjék és a virális RNS, illetve az oxidatív stressz indukálja. A PARP-aktivitás pozitív korrelációt mutat a szövetkárosító

the disease (cardiac symptoms developed in paediatric patients with severe acute COVID-19 and MIS-C). The immune response was maintained in the post-COVID phase of the disease. The autoantibodies produced in post-COVID patients are almost without exception IgM class autoantibodies targeting the lungs, the vasculature and the heart.

Our results suggest that autoantibodies are produced against a plethora of different targets in all cohorts assessed, but only a small proportion of the targets were associated with a negative clinical outcome in the acute phase of the disease. Furthermore, a subset of the autoantibody clones and targets were produced in the subacute or the post-COVID phases of the disease.

We identified a set of biomarkers in peripheral blood that can be used to characterise the severity of SARS-CoV-2 infection. An early elevation of the markers of endothelial cell activation (VCAM-1, E-selectin) correlated with a higher risk of mortality. Soluble VCAM-1 correlated with the Horowitz-index and IL-6 levels. Via the determination of SARS-CoV-2 specific neutralising antibody titres, we could effectively evaluate the humoral immune response during the monitoring of different types of vaccines.

We identified a pathway that promotes the inflammatory response during COVID-19, namely, the activation of PARP enzymes in the lungs due to oxidative stress and the presence of the SARS-CoV-2 virus (spike proteins and viral RNA). PARP activation

dással, a gyulladáshoz vezető folyamatokkal, illetve a disszeminált intravaszkuláris koaguláció markereivel. Továbbá férfiakban a magas PARP-aktivitás megrövidítette az elhalálozásig eltelt időt. Kimutattuk, hogy egy engedélyezett PARP-gátló szer, a rucaparib hatékony gyulladáscsökkentő hatású a COVID-19 modelljeiben.

is an early event over the course of the infection, and PARP activation is positively correlated with markers of disseminated intravascular coagulation, tissue damage and inflammation. In line with that, we provided evidence that a registered pharmacological PARP inhibitor, rucaparib, can efficiently inhibit the inflammatory response in COVID-19 models.



## DÉNES ÁDÁM

HUN-REN Kísérleti Orvostudományi Kutatóintézet  
HUN-REN Institute of Experimental Medicine

### A gyulladás és mikroglia szerepe a COVID-19 rövid és hosszú távú idegrendszeri hatásainak kialakulásában

### Role of inflammation and microglia in COVID-19-related neuropathology and long-term neurological symptoms

Kutatótársak  
Co-researchers

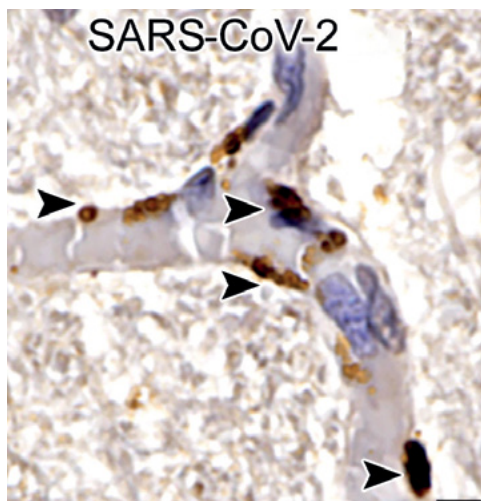
Acsády László, Benkő Szilvia, Bíró Eduárd, Cserép Csaba, Csikász-Nagy Attila, Dávid Csaba, Fekete Rebeka, Fichó Erzsébet, Fillinger János, Gaál Zsófia Anna, Hortobágyi Tibor, Kamondi Anita, Kellermayer Anna, Kontra Levente, Környei Zsuzsanna, Arthur Liesz, Moldvay Judit, Pósfai Balázs, Racsmány Mihály, Schwarcz D. Anett, Carlos Silvestre-Roig, Alba Simats, Simor Péter, Szabadits Eszter, Szalma János, Tóth Krisztina, Vida Sára, Vidnyánszky Zoltán

A gyulladási folyamatok kiemelt szerepet játszanak az idegrendszeri betegségek kialakulásában, de a kórfolyamatok pontos mechanizmusai nagyrészt feltáratlanok. Az új koronavírus (SARS-CoV-2) okozta COVID-19-világjárvány óriási népegészségügyi és gazdasági hatásai miatt kiemelten fontos a vírusfertőzés mechanizmusainak és orvosi-biológiai hatásainak mielőbbi, átfogó megértése, hogy a fertőzés okozta megbetegedés szövődményeit, az elhalálozást és a járvány gazdasági következményeit is hatékonyan csökkenteni lehessen. Ismert, hogy miközben a betegség nagymértékű gyulladást okoz a szervezet számos pontján, a betegek nagy százaléka komplex idegrendszeri tüneteket, ezen belül agyi keringési változásokat is mutat, amelyek gyakran hosszú távon fennmaradnak a gyógyulást követően is. A kialakuló gyulladás vélhetően közrejátszik a hosszú kórházi kezelés és nagyfokú elhalálozás mellett a betegségből felgyógyultak hosszú távon fennmaradói, az életminőséget nagymértékben meghatározó maradványtüneteinek kialakulásában is, amelyek vizsgálata ezért kiemelten nagy jelentőséggel bír.

Kutatásaink egyik célja ezért az volt, hogy feltárjuk a COVID-19 következtében kialakuló gyulladási folyamatok szerepét az agyszövetben tapasztalható idegi károsodás kialakulásában, megvizsgálva a betegségben elhunytak agyszöveteit és számos egyéb szerv gyulladási változásait is. Ezzel párhuzamosan megvizsgáltuk COVID-19-en átesett, majd felgyógyult betegek idegrendszeri érintettségének okait is, ezen belül kiemelten a gyulladási folyamatok szerepét, valamint

Inflammatory processes play a prominent role in the development of neurodegenerative diseases, but the exact mechanisms of these processes have gone largely unexplored. Given the enormous public health and economic impact of the new coronavirus (SARS-CoV-2) pandemic COVID-19, it is of paramount importance to gain a comprehensive understanding of the mechanisms and biomedical impact of viral infection in order to effectively reduce the complications, mortality and economic consequences of the pandemic. It is well known that while the disease causes high levels of inflammation in many parts of the body, a large percentage of patients present with complex neurological symptoms, including circulatory changes in the brain, which often persist long after recovery. The inflammation that develops is thought to contribute to long-term hospitalisation and the high mortality rates, as well as to the long-term residual symptoms that are a major determinant of quality of life in those who recover from the disease, and are therefore of great importance to study.

One of the aims of our research was therefore to investigate the role of COVID-19-induced inflammatory processes in the development of neuronal damage in brain tissue by examining brain tissue from people who died from the disease, along with inflammatory changes in their brains and other organs. In parallel, we also investigated the causes of neurological involvement in patients who had COVID-19 and recovered, with a particular focus on the role



1. ábra

A COVID-19 gyulladós változásokat okoz az agyszövetben

Balra: Az agyi erek falában kimutatható a SARSCoV-2-vírusfehérjék jelenléte (nyílhegyek)

Jobbra: A gyulladás kialakulását jelzi az agyi erekben (lektin, piros) az ICAM-1 fehérje (kék) emelkedett szintje, az MPO markerrel jelölt véreredetű immunsejtek (fehér, nyílhegygel jelölve) toborzódása és a mikroglia-sejtek (sárga, nyíllal jelölve) megváltozott morfológiája és kapcsolata az erekkel

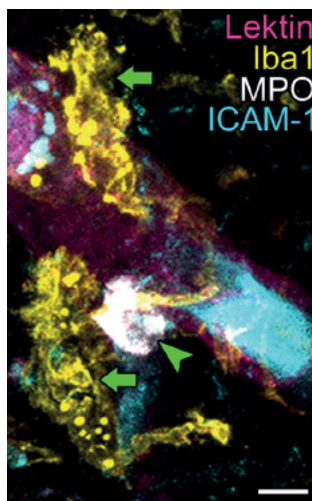


Figure 1

COVID-19 causes inflammatory changes in brain tissue

On the left: The presence of SARS-CoV-2 virus proteins can be detected in the walls of cerebral blood vessels (arrowheads)

On the right: The development of inflammation is indicated by elevated levels of ICAM-1 protein (blue) in cerebral blood vessels (lectin, red), recruitment of blood-derived immune cells (white, marked by arrowheads) labelled with the MPO marker and altered morphology and the interaction of microglial cells (yellow, marked by arrows) with blood vessels

hatásukat az időskori neurodegeneratív betegségek — elsődlegesen a demencia — kialakulására. Ennek érdekében több vezető kutatólaboratórium és klinikusok bevonásával olyan komplex vizsgálati protokollt fejlesztettünk, amely alkalmas lehet a keringésben mérhető gyulladásos faktorok szintje, az agy strukturális és funkcionális szerveződésében bekövetkező változások, valamint a kognitív funkciók összefüggéseinek vizsgálatával feltárni a COVID-19-et követő, hosszú távú idegrendszeri változások mechanizmusait.

Kutatásaink során megállapítottuk, hogy a COVID-19 alatt nemcsak a tüdőben, hanem számos más szervben, köztük az agyszövetben is kimutatható a SARS-CoV-2 vírus jelenléte, ami számos gyulladásos folyamattal társul. A vírusfertőzés ugyanakkor az agyban nem az idegsejteket érinti elsősorban, hanem gyulladást okoz az agyi erekben, ami betegenként eltérő mértékben számos agyterületen tapasztalható. A betegség során kialakuló káros folyamatokat nem csupán a gyulladásos fehérjék emelkedett szintje mutatja, hanem az agy fő immunsejtjei, az ún. mikroglia-sejtek is komoly változáson mennek át, ami károsan érinti az általuk kifejtett védőfunkciók működését is (1. ábra). Ezzel párhuzamosan kimutatható az idegsejtek kommunikációjában alapvető fontosságú szinapszisok és mielinhévely károsodása is, amelynek mértéke korrelál a gyulladásos és a mikroglia-funkciókat érintő változásokkal is az adott agyterületek esetén. A legsúlyosabb patológiás változások az agytörzs és a hipotalamusz területén alakulnak ki, amelyek alapvető

of inflammatory processes and their impact on the development of neurodegenerative diseases in the elderly, primarily dementia. We have developed a complex study protocol involving several leading research laboratories and clinicians that may be able to elucidate the mechanisms of long-term neurobehavioural changes following COVID-19 by investigating the correlation between circulating levels of inflammatory factors, changes in brain structure and function, and cognitive function.

We found that COVID-19 was associated with the presence of the SARS-CoV-2 virus not only in the lungs, but also in many other organs, including brain tissue, which is associated with central and systemic inflammation. However, viral infection in the brain does not primarily affect nerve cells, but causes inflammation in the brain's blood vessels, which varies from patient to patient and is present in many brain areas. Not only are the adverse processes that occur over the course of the disease reflected in elevated levels of inflammatory proteins, but the main immune cells in the brain, microglia, also undergo major changes that adversely affect their protective functions (*Figure 1*). In parallel, there is also evidence of damage to synapses and myelin sheaths that are essential for neuronal communication, the extent of which correlates with changes in inflammatory and microglial functions in the respective brain areas. The most severe pathological changes occur in the brainstem and hypothalamus, which also play a fundamental role in the regulation of autonomic nerv-

szerepet játszanak a vegetatív idegrendszeri működés, a hormonháztartás, a keringés és légzés szabályozásában. Emellett olyan agyterületeken is láthatók gyulladásos változások, amelyek az alvás vagy a memória-funkciók szabályozásában működnek közre. Mások klinikai vizsgálatai időközben megmutatták, hogy az általunk tapasztalt gyulladásos folyamatok poszt-COVID-betegek agyában is tetten érhetők, és az adott agyterületeken látható gyulladás mértéke korrelál az idegrendszeri tünetek kialakulásával. Ezért felgyógyult COVID-19-betegek neurológiai maradványtüneteinek vizsgálatát is elvégeztük a gyulladás, az agyi keringési elváltozások, valamint a kognitív funkciók összefüggéseinek tekintetében. Ehhez vérvételt követően részletesen felmértük a memóriefunkciók, illetve a vegetatív idegrendszeri működés változásait az agyi elektromos tevékenység EEG-vizsgálata és az agyi elváltozások és keringés MRI-vizsgálata mellett. A vérmintákban meghatároztuk olyan gyulladásos fehérjék mennyiségét, amelyek jól mutatják a szervezet egészében kialakuló gyulladás mértékét. Vizsgáljuk a COVID-19 hatásait más idegrendszeri betegségek kialakulására is. A mérési adatok kiértékelése és a betegek utánkötése folyamatban van, de jelenlegi adataink alapján összefüggések mutathatók ki a gyulladás és a poszt-COVID-tünetek kialakulása között.

Összességében adatainkból arra lehet következtetni, hogy a COVID-19 betegséget okozó SARS-CoV-2 vírus a tüdő mellett több szervben, így az agyszövetben is számottevő gyulladásos folyamatot indít el, amely

ous system function, hormonal balance, circulation and respiration. In addition, inflammatory changes can also be seen in areas of the brain involved in the regulation of sleep or memory functions. Meanwhile, clinical studies by others have shown that the inflammatory processes we observed can also be detected in the brains of post-COVID patients and that the degree of inflammation seen in specific brain areas correlates with the development of neurological symptoms. To this end, we also examined the neurological residual symptoms of recovered COVID-19 patients in terms of the relationship between inflammation, cerebral circulatory changes and cognitive function. To do this, we assessed in detail changes in memory function, changes in autonomic nervous system function, EEG brain electrical activity and brain lesions and circulation with MRI. In blood samples, we determined the levels of inflammatory proteins that are a good indicator of the degree of inflammation in the body as a whole. We have investigated the effects of COVID-19 on the development of other neurological diseases. Our evaluation of the measurements and patient follow-up data showed a correlation between inflammation and the development of post-COVID symptoms.

In summary, our data suggest that the SARS-CoV-2 virus that causes COVID-19 triggers significant inflammatory processes in many organs, including brain tissue, in addition to the lungs, which can also severely damage the protective functions of microglia, immune cells that are es-



az idegrendszer működésében alapvető immunsejtek, a mikroglia védő funkcióit is nagymértékben károsíthatják. A gyulladással párhuzamosan kialakuló idegi károsodás folyamatai számos agyterület esetén összefüggést mutatnak az idegrendszeri tünetek kialakulásával is. Ezért további kutatások szükségesek ahhoz, hogy a COVID-19 során a gyulladós folyamatok célzott gátlásával csökkenteni lehessen a betegség akut idegrendszeri hatásait, és enyhíteni tudjuk a hosszú távon fennmaradó idegrendszeri poszt-COVID-tüneteket is.

essential for the functioning of the nervous system. The processes of neuronal damage that occur in parallel with inflammation are also associated with the development of neurological symptoms in many brain areas. Therefore, further research is needed to reduce the acute neurological effects of the disease by targeted inhibition of inflammatory processes in COVID-19 and to alleviate long-term post-COVID neurological symptoms.



## ORBÁN TAMÁS

HUN-REN Természettudományi Kutatóközpont  
HUN-REN Research Centre for Natural Sciences

### A SARS-CoV-2 vírus hatása szövetspecifikus endogén mikro-RNS-ek stabilitására

The influence of the SARS-CoV-2 virus on  
the stability of tissue-specific endogenous  
microRNAs

Kutatótársak  
Co-researchers

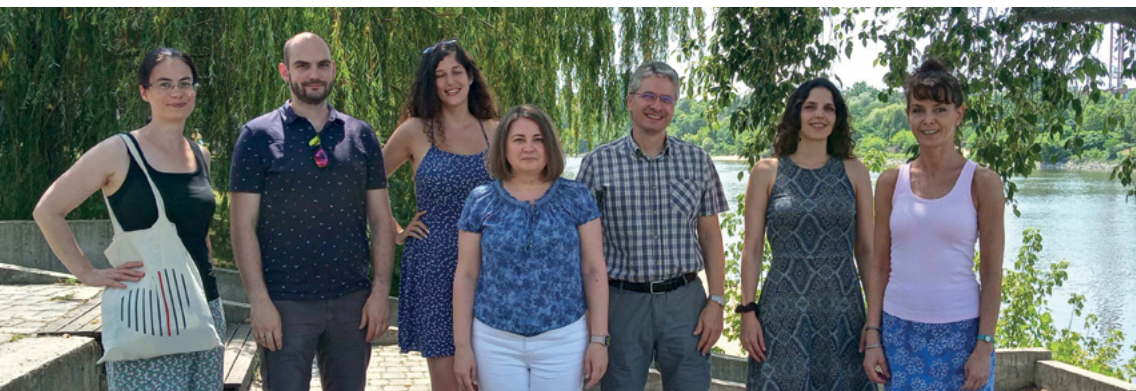
Fóthi Ábel, Gál Luca, Kolacsek Orsolya, Némethy Kornélia,  
Schamberger Anita, Wachtl Gerda

A SARS-CoV-2 koronavírushoz köthető világméretű járvány az eddigi legnagyobb pandémia, amellyel az emberiség a 21. században szembesült. A tudományos kutatásoknak hála többféle vakcina is létezik a súlyos betegség megelőzésére, azonban a magas fertőzési ráta kapcsán is sürgető az igény új, antivirális terápiák kidolgozására. Az intenzív kutatások ellenére még mindig nem tudunk eleget a vírus sejten belüli működéséről, az endogén fehérje- és RNS-hálózatokra gyakorolt hatásáról. A jelen projektben a vírusszabályozás eddig nem kutatott aspektusát, az endogén mikroRNS-ek (miRNS-ek) vírus által kiváltott szabályozási zavarait, főként az miRNS-ek lebomlási folyamatait vizsgáljuk.

Az miRNS-ek a sejtekben zajló génexpresszió fontos reguláló ágensei, elsősorban a fehérjéket kódoló hírvívő RNS- (mRNS-) molekulák működését és lebomlását szabályozzák, és hiányuk esetén zavart szenvedhet a fehérjekódoló mRNS-hálózatok finomhangolása. Korábbi kutatások kapcsán ismert, hogy bizonyos vírusok, így például herpeszvírusok képesek adott miRNS-ek lebontására, amivel elősegíthetik saját szaporodásukat és a vírusfertőzés hatékony továbbterjedését. Ezek a vírusok szekvenciakomplementaritás alapján választják ki a célpontjaikat, és megfelelő egyezés esetén a sejt saját belső apparátusát „kényszerítik” arra, hogy az így kijelölt szabályozó miRNS-molekulákat lebontsák. Mivel ezt a jelenséget a koronavírus esetében még nem vizsgálták, feltételeztük, hogy akár a SARS-CoV-2 vírus is képes lehet ilyen szabályozásra, vagyis endogén miRNS-ek szelektív degradációjára. Hipotézisünk szerint

The SARS-CoV-2 coronavirus is responsible for the biggest pandemic mankind has experienced in the 21st century. Thanks to worldwide scientific collaborative efforts, several prophylactic vaccinations are already available. However, the infection rates in most countries are still high, and there is an urgent need to develop further antiviral therapies to tame the disease. Although much is known about the life cycle of this RNA virus, details of its interactions with endogenous macromolecules are still incomplete, especially concerning the numerous RNA species and their networks. In this project we investigated an unexplored aspect of viral function, the viral-induced perturbation of endogenous microRNA (miRNA) regulation, in particular, the degradation of miRNAs.

miRNAs are important regulators of gene expression in cells, primarily regulating the function and degradation of messenger RNA (mRNA) molecules that encode proteins, and their absence can interfere with the fine-tuning of protein-coding mRNA networks. Previous research has shown that certain viruses, such as herpesviruses, are able to degrade specific miRNAs to facilitate their own replication and the efficient spread of viral infection. These viruses select their targets on the basis of sequence complementarity and, if a good match is found, “force” the cell’s own internal machinery to degrade the miRNA molecules thus selected. As this phenomenon has not yet been investigated in the case of this coronavirus, we hypothesised that even the SARS-CoV-2 virus might be capable of such regulation, that is, the selective degradation



### 1. kép

*A kutatócsoport*

Balról jobbra: Schamberger Anita, Fóthi Ábel, Wachtl Gerda, Némethy Kornélia, Orbán Tamás, Gál Luca, Kolacsek Orsolya

### Picture 1

*The research group*

From the left: Anita Schamberger, Ábel Fóthi, Gerda Wachtl, Kornélia Némethy, Tamás Orbán, Luca Gál, Orsolya Kolacsek

68

a víruscélpontok között szövetspecifikus regulátorok, például szívizomsejtekben vagy idegsejtekben fontos miRNS-ek is lehetnek. Ha ez így van, akkor mivel ezek a szövetek és szervek a poszt-COVID-szindrómában is gyakran érintettek, feltételezhető, hogy a koronavírus e szövetspecifikus miRNS-ek lebontásával szerepet játszhat a tünetek kialakulásában, akár hónapokkal a fertőzést követően is.

Kutatásaink során először bioinformatikai módszerekkel vizsgáltuk, hogy milyen emberi miRNS-ek lehetnek a SARS-CoV-2 vírus belső célpontjai. Az miRNS-adatbázisban előforduló összes humánszekvenciát összehasonlítottuk a koronavírus első, vuhani genomjával, amelynek eredményeképpen számos célpontot sikerült azonosítanunk: ezek közül elsősorban a szív- és neuronspecifikus miRNS-eket választottuk ki, illetve

of endogenous miRNAs. We hypothesised that tissue-specific regulators, such as miRNAs with important roles in cardiac myocytes or neurons, could be among the viral targets. If this is the case, then since these tissues and organs are also frequently affected in post-COVID syndrome, it is hypothesised that coronavirus may play a role in the development of symptoms by depleting these tissue-specific miRNAs, even months after infection.

In our research, we first used bioinformatic methods to investigate which human miRNAs might be internal targets of the SARS-CoV-2 virus. All human sequences in the miRNA database were compared with the first Wuhan genome of the coronavirus, resulting in the identification of several targets: in particular, cardiac and neuron-specific miRNAs were selected, and it was important to ensure

szempont volt, hogy a későbbiekben vizsgálendő miRNS-ek az általunk használt sejtvonalakban is kifejeződjenek. Érdekes megfigyelés volt, hogy a vírus nukleokapszid génjének egy régiója „gyűjtőpontként” funkcionálva tíz miRNS szekvenciájához is képes kötődni, így a továbbiakban erre a régióra koncentráltunk. A kérdéses szekvenciáról azt feltételeztük, hogy a sejtekbe bejutva csökkenti a célpont-miRNS-ek szintjét, vagy eliminálja őket. Előkísérleteinkben sikerült néhány célpontot validálnunk, majd további vizsgálatok során a vírusszekvenciával kezelt sejteken új generációs szekvenálással megvizsgáltuk a sejtben kifejeződő összes miRNS szintjét. Az adatok elemzése még folyamatban van, de az előzetes eredmények azt mutatják, hogy a lebontó folyamatok érinthetnek egy speciális, általunk korábban sokat vizsgált miRNS-csoportot, a mirtronokat. Reményeink szerint az azonosított miRNS-ek segítségével kijelölhetők olyan új terápiás célpontok, amelyek segíthetnek leküzdeni ezt az emberek millióit hatékonyan fertőzni képes új koronavírus-variánst.

that the miRNAs to be investigated in the future would also be expressed in the cell lines we used. An interesting observation we made was that a region of the viral nucleocapsid gene can also bind to the sequence of ten miRNAs, acting as a “hotspot”, and we focused on this region. We hypothesised that the sequence in question would eliminate target miRNAs upon entry into cells. In our preliminary experiments, we were able to validate some targets, and in further studies, using next-generation sequencing, we examined the levels of all miRNAs expressed in cells treated with the viral sequence. Data analysis is still ongoing, but preliminary results indicate that the degradative processes may target a specific group of miRNAs, mirtrons, which we have previously studied extensively. We also hope that the identified miRNA species can serve as new therapeutic targets to treat the acute, new and unusually potent virus that can effectively infect millions of people, as well as its long-term effects.



## SARKADI BALÁZS

HUN-REN Természettudományi Kutatóközpont  
HUN-REN Research Centre for Natural Sciences

Az akut és krónikus COVID-19 betegség kialakulását és súlyosságát befolyásoló genetikai háttér kutatása

Research into the human genetic background potentially affecting the development and severity of post-COVID syndrome

Kutatótársak  
Co-researchers

Bakos Éva, Gáborik Zsuzsanna, Moldvay Judit, Mózner Orsolya,  
Özvegy-Laczka Csilla, Telbisz Ágnes, Temesszentandrási-Ambrus Csilla

A kutatás során mintegy 850 SARS-CoV-2-fertőzésen átesett, kórházban ápolatott betegtől származó vérmintán végeztük el a korábbi adatok alapján kiválasztott 12 emberi gén célzott genetikai elemzését. Kerestük a génváltozatok esetleges összefüggését a klinikai adatokkal, így a betegség súlyosságával és a társbetegségekkel. Számos olyan összefüggést találtunk a genetikai változatok és a klinikai adatok között, amelyek a koronavírusos megbetegedésben vagy a kialakuló poszt-COVID-szindrómában a genetikai háttér fontos szerepét mutatják. A legfontosabb eredményeket nemzetközi folyóiratban nyújtottuk be közlésre, a klinikai együttműködésekben azt tervezzük, hogy a fontosnak talált genetikai összefüggések az orvosi munkát segítő automatikus előjelző rendszerbe kerülnek.

A pályázat alapján a betegség és az ellene kialakuló immunvédelem diagnosztikájában fontos új lehetőségek felderítése érdekében végeztünk további kutatásokat és fejlesztéseket. Részletesen elemeztük a vakcinák hatását az immunvédekezés kialakulására, és vizsgáltuk az újonnan alkalmazott COVID-19-gyógyszerek kölcsönhatásait az emberi fehérjékkel. A SARS-CoV-2 vírus egyes fehérjéit, beleértve a megjelenő új vírusvariánsokat is, biotechnológiai módszerekkel termeltettük és tisztítottuk, majd olyan diagnosztikai méréseket dolgoztunk ki, amelyek elősegítik a vírusfertőzésre adott immunválasz meghatározását. Ezek között izgalmas új lehetőség a COVID-19 elleni védelem diagnózisa egy mikrotűs bőrtapaszt segítségével (1. ábra).

In this study, a targeted genetic analysis of twelve human genes selected from previously reported data was performed on blood samples from approximately 850 hospitalised patients with the SARS-CoV-2 virus infection. We looked for possible associations of gene variants with clinical data, such as disease severity and co-morbidities. We found a number of associations between genetic variants and clinical data that suggest an important role for genetic background in coronavirus disease or the emerging post-COVID syndrome. We submitted the most important results for publication in an international journal, and in clinical collaborations we plan to incorporate the genetic associations found to be important into an automated prediction system to aid medical work.

Further research and development were carried out under this grant to explore important new opportunities in the diagnosis of disease and immune defence against it. We analysed in detail the effects of vaccines on the development of immune defences and investigated the interactions of the newly introduced COVID-19 drugs with human proteins. Several proteins of the SARS-CoV-2 virus, including those of emerging novel virus variants, were produced and purified by biotechnological methods, and diagnostic assays were developed to help determine the immune response to virus infection. Among these, an exciting new possibility is the diagnosis of COVID-19 immunity using a microneedle skin patch (Figure 1).

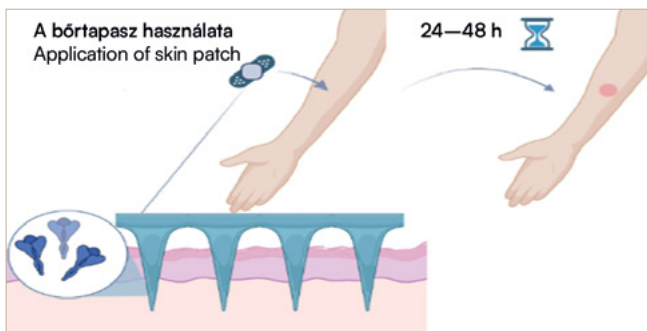
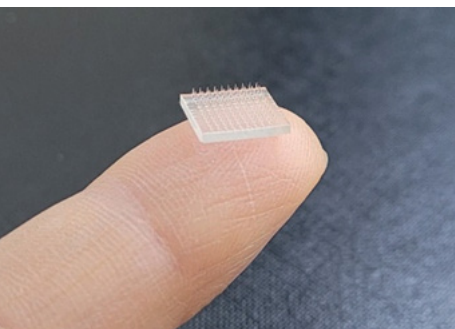


Figure 1

*The CoviCell microneedle skin patch for the detection of immune protection against COVID-19 disease*

Viral protein applied to the microneedle patch induces local inflammation in the skin for 24-72 hours if immune protection is established

72

1. ábra

*A CoviCell mikrotűs bőrtapasz a COVID-19 betegség elleni immunvédelem kimutatására*

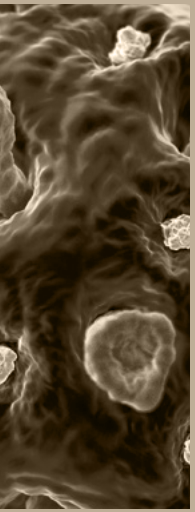
A mikrotűs tapaszra felvitt vírusfehérje a bőrben — védetség esetén — 24—72 óra között helyi gyulladást vált ki



Az eredményeket nemzetközi folyóiratokban közöltük, módszerünket nemzetközi szinten szabadalmazztuk. A szabadalom hasznosítása érdekében biotechnológiai kisvállalkozást hoztunk létre, amely már kisebb EU-támogatást is elnyert. Jelenleg folyik a módszerek klinikai bevezetése, ehhez pályázati és befektetői támogatások keresése.

The results were published in international journals, and our method was patented internationally. In order to exploit the patent, we have set up a biotechnology small business (CelluVir), which won small EU grants. We are currently working on the clinical implementation of our methods, and are seeking funding from grant applications and investors.





**Pszichológia**  
**Psychology**



## **CSERJÉSI RENÁTA**

Eötvös Loránd Tudományegyetem / Semmelweis Egyetem /  
Pannon Egyetem

Eötvös Loránd University / Semmelweis University /  
University of Pannonia

### **Poszt-COVID-betegek neuropszichológiai funkcióinak innovatív rehabilitációja**

### **Innovative rehabilitation of neuropsychological functions in post-COVID patients**

Kutatótársak  
Co-researchers

Göbel Orsolya, Pete Kinga, Síkné Lányi Cecília,  
Valachiné Geréb Zsuzsanna, Varga János Tamás

A poszt-COVID-tünetek listája hosszú, mégis a legtöbben egyfajta mentális ködről panaszkodnak, amely magában foglalja a koncentráció hiányát, a tanulás és emlékezés nehézségeit, az általános figyelmetlenséget és egyfajta szellemi lassúságot. Ezek a neuropszichológiai zavarok hónapokon, sőt akár éveken át is megmaradhatnak, akadályozva a betegek mindennapi munkahelyi és otthoni feladatainak elvégzését. A neuropszichológiai zavarok mellett gyakoriak a hangulati problémák is, a depresszió, a motiváció hiánya, a visszatérő félelmek és a szorongás. Ezt meg is erősítette keresztmetszeti vizsgálatunk, amelyben affektív és kognitív funkciókat hasonlítottunk össze COVID-19-en átesett és át nem esett egyének között. Az eredmények magasabb depressziószintet mutattak a fertőzésen átesett személyek esetében. Tovább nehezíti a helyzetet, hogy a neuropszichológiai és hangulati zavarok sokszor együtt jelentkeznek. Ezért a kutatásunk célja a Semmelweis Egyetem Pulmonológiai Klinikájával és a Pannon Egyetem VR-csoportjával közösen a poszt-COVID-állapottal élők neuropszichológiai és hangulati funkcióinak fejlesztése volt. Vizsgálatunkat 80 fő bevonásával végeztük: egyharmaduk virtuálisvalóság- (VR), egyharmaduk művészetterápia-alapú hathetes fejlesztési programban vett részt, a többiek pedig a kontrollcsoportot alkották. VR-programunk elsősorban a neuropszichológiai tüneteket vette célba, míg a művészetterápia elsősorban a hangulati problémákon igyekezett segíteni.

The list of symptoms of post-COVID is long, yet most people complain of mental fog, including lack of concentration, difficulty learning and remembering, general inattention, and a kind of mental sluggishness. These neuropsychological disturbances can persist for months or even years, preventing patients from carrying out their daily tasks at work and at home. In addition to neuropsychological disturbances, mood problems are common — depression, lack of motivation, recurrent fears and anxiety. This was confirmed by our cross-sectional study comparing affective and cognitive functioning between COVID-19 survivors and non-survivors. Results showed higher levels of depression in those who had been infected. Further complicating matters, neuropsychological and mood disorders often co-occur in patients. Therefore, the aim of our research, in collaboration with the Department of Pulmonology at Semmelweis University and the VR group at the University of Pannonia, was to improve neuropsychological and mood functions in patients with post-COVID conditions. Our study involved eighty participants, one-third of whom participated in a six-week development programme based on virtual reality (VR), another third in art therapy, with the rest forming the control group. Our VR programme primarily targeted neuropsychological symptoms, while the art therapy aimed at helping with mood problems first and foremost.



78



Picture 1

Artworks by Zsuzsanna Valachiné Geréb created for art therapy purposes

1. kép

Valachiné Geréb Zsuzsanna alkotásai a művészetterápiás feladatokhoz

A VR-intervenció során a figyelmi képességek és a feldolgozási sebesség jelentős javulást mutattak, miközben a résztvevők szubjektív kognitív panaszai is csökkentek. A teljesítmény minden VR-feladatban szignifikánsan javult a program kezdetétől a végéig. A résztvevők a VR-intervenció programot optimális kihívásnak, nagymértékben magával ragadónak érezték, és nagyfokú jelenlétérzetet tapasztaltak. Az intervenciót hasznosnak és élvezetesnek érezték, és a foglalkozások során motiváltnak érezték magukat. Ez abban is megmutatkozott, hogy minden résztvevő befejezte a programot, nem volt lemorzsolódás. A program nem okozott jelentős VR-indukált tüneteket és hatásokat.

A művészetterápiás intervenció (1. kép) rövid távon a hangulat és szorongás javulását eredményezte. A program befejeztével a résztvevők hangulata és szorongása tovább javult, valamint fejlődés volt megfigyelhető a memória, figyelem és mentális rugalmasság terén. Az intervenciót vidéken is elérhetővé tettük három kiképzett terapeuta segítségével, valamint a program online változata is elkészült, amely jelenleg bemérés alatt van.

Eredményeinket több nemzetközi és egy hazai konferencián mutattuk be, valamint folyamatban van további eredményeink közzélése nemzetközi tudományos lapokban. Kutatásunk eredményei alátámasztják, hogy mind a virtuálisvalóság-alapú kogni-

During VR intervention, attentional skills and processing speed showed significant improvements, while participants' subjective cognitive complaints also decreased. Performance on all VR tasks improved significantly from the beginning to the end of the programme. Participants perceived the VR intervention programme as optimally challenging, highly engaging, and they experienced a high sense of presence. They viewed the intervention as useful and enjoyable and felt motivated during the sessions, which was reflected in the fact that all participants completed the programme, with no drop-outs. The programme did not cause significant VR-induced symptoms and effects.

The art therapy intervention (*Picture 1*) resulted in short-term improvements in mood and anxiety. At the end of the programme, participants' mood and anxiety levels continued to improve, and improvements in memory, attention and mental flexibility were observed. The intervention was made available in rural areas with the help of three trained therapists, and an online version of the programme was completed and is currently being piloted.

We presented our results at several international conferences and one national conference, and our results are also in the process of being published in international scientific journals. The results of our study support the fact that both virtual reality-based intervention and art therapy can be



## 2. kép

*Eredményeink bemutatása az AAATE 2023 konferencián (17th International Conference of the Association for the Advancement of Assistive Technology in Europe), Párizsban*

Balról jobbra: Pete Kinga, Szabó Patricia, Valachiné Geréb Zsuzsanna, Cserjési Renáta, Síkné Lányi Cecília

## Picture 2

*Presentation of our results at AAATE 2023 conference (17th International Conference of the Association for the Advancement of Assistive Technology in Europe), Paris*

From the left: Kinga Pete, Patricia Szabó, Zsuzsanna Valachiné Geréb, Renáta Cserjési, Cecília Síkné Lányi



## 3. kép

*Eredményeink bemutatása a 2024-es VR-konferencián, Prágában*

Balról jobbra: Zsebi Soma, Pete Kinga, Cserjési Renáta, Raissa Negrao, Szabó Patricia

## Picture 3

*Presentation of the results on the research at VR conference, Prague*

From the left: Soma Zsebi, Kinga Pete, Renáta Cserjési, Raissa Negrao, Patricia Szabó



tív fejlesztés, mind a művészetterápia hatékony eszköz lehet a poszt-COVID-állapottal élők neuropszichológiai funkcióinak és hangulatának fejlesztésében, mentális egészségének támogatásában és életminőségének javításában.

effective tools in improving neuropsychological functioning, supporting mental health and improving quality of life for people with post-COVID conditions.



## GAÁL ZSÓFIA ANNA

HUN-REN Természettudományi Kutatóközpont  
HUN-REN Research Centre for Natural Sciences

### A kognitív hanyatlás kompenzációja poszt-COVID-betegeknél

### Training-induced compensation of cognitive decline in post-COVID patients

Kutatótársak  
Co-researchers

Balla Györgyi, Czigler István, Czinkóczi Krisztina, Csikós Nóra, Csizmadia Petra,  
Gaál Zsófia Anna, Petia Kojouharova, Kővári Lili, Nagy Boglárka

Kutatásunkban 60–75 év közötti, poszt-COVID-tüneteket mutató és egészséges személyek kognitív teljesítményét hasonlítottuk össze, miközben EEG-vel az agyi aktivitást regisztráltuk. Arra voltunk kíváncsiak, hogy kimutatható-e objektíven a betegek-nél kognitív különbség, eltér-e az agyi működésük, és ha igen, ez kompenzálható-e kognitív tréninggel. A betegcsoportba válogatott személyek legalább két hónappal a COVID-fertőzés után még mindig különböző panaszokról számoltak be (fáradtság, alvásproblémák, figyelmi és emlékezeti nehézségek). A neurológiai kivizsgálás viszont nem talált organikus okot ezekre a panaszokra.

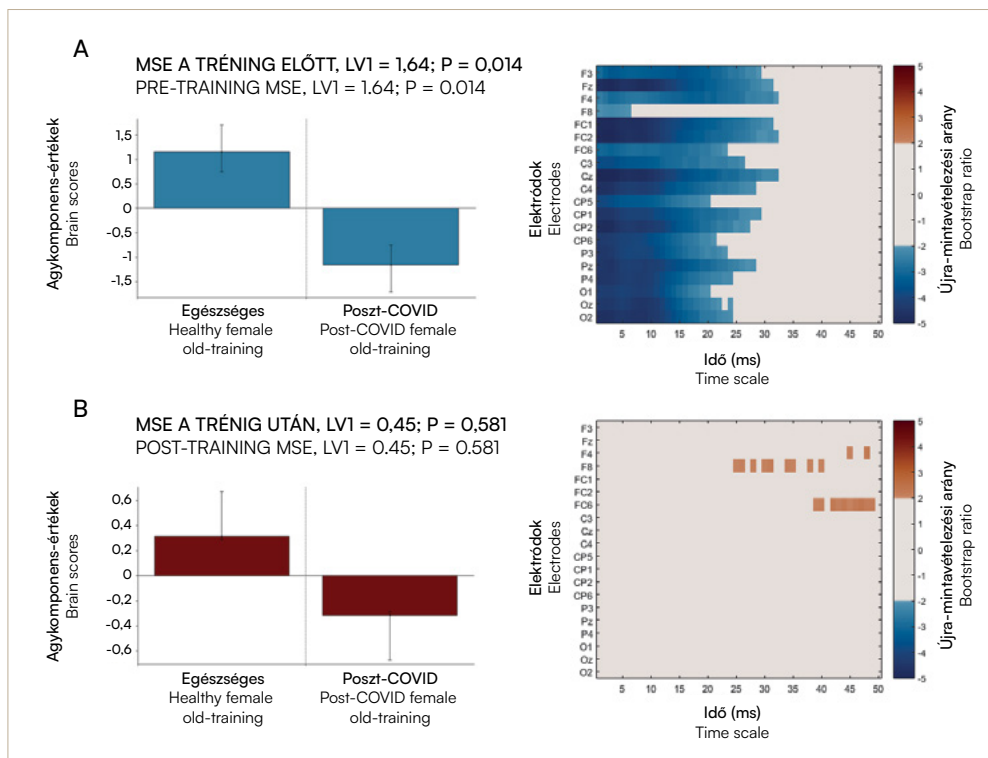
A nyugalmi EEG-t többskálás entrópiával (MSE) és hagyományosabb frekvenciaanalízissel vizsgáltuk. Amikor egészséges és poszt-COVID-os nőket hasonlítottunk össze, azt találtuk, hogy a betegcsoportban magasabb volt a rövidebb időskálájú entrópia és a magasabb frekvenciák teljesítménye, mint az egészségeseknél, ami egy lokálisabb neurális feldolgozásra utal (1. ábra). Viszont a tréning után ez a különbség eltűnt. Megnéztük továbbá a betegcsoporton belül a férfiak és nők közötti különbséget is, és azt találtuk, hogy a tréning a nőknél hatásos volt, a férfiaknál viszont nem hozott szignifikáns változásokat. A fertőzés tehát megváltoztatta az információfeldolgozást az agyban, ami a tréninggel visszafordítható folyamatnak tűnik, de ebben lehetnek nemi különbségek.

A vizsgálatban egyetlen viselkedési mutatóban találtunk eltérést: a betegek orientációja rosszabb volt, és az egészségesekkel ellentétben ezen

In our research, we compared the cognitive performance of 60-75-year-old individuals with post-COVID symptoms to that of healthy individuals, while recording EEG to monitor brain activity. We aimed to determine whether there are objective cognitive differences and altered brain functions in patients, and if so, whether these could be compensated for with cognitive training. Participants in the patient group reported various symptoms (fatigue, sleep problems, attention, and memory difficulties) for at least two months after remission from COVID infection, though neurological examinations did not find any organic causes for these complaints.

We analysed resting EEG using multiscale entropy (MSE) and traditional frequency analysis. When comparing healthy and post-COVID women, we found higher fine-scale entropy and higher frequency power in the patient group, indicating more localised processing, but this difference disappeared after training (*Figure 1*). Additionally, within the patient group, training was effective for women, but did not cause significant changes for men. Therefore, the infection altered brain information processing, which seems reversible with training, although there may be sex differences.

In the study, we found a single behavioural difference: patients had worse orientation, and unlike the healthy individuals, training did not improve this. Event-related potential (ERP) components — brain signals appearing at specific times after stimulus presentation linked to cognitive processes — showed clear differences. Cue-locked



1. ábra

A többskálás entrópia jelezte, hogy míg a tréning előtt eltért az egészséges és a poszt-COVID-tüneteket mutató nők agyi hálózatának dinamikája (A), a tréning után a különbség már nem volt kimutatható (B)

Figure 1

Multiscale entropy indicated that while the dynamics of brain networks differed between healthy women and those with post-COVID symptoms before training (A), this difference was no longer detectable after training (B)

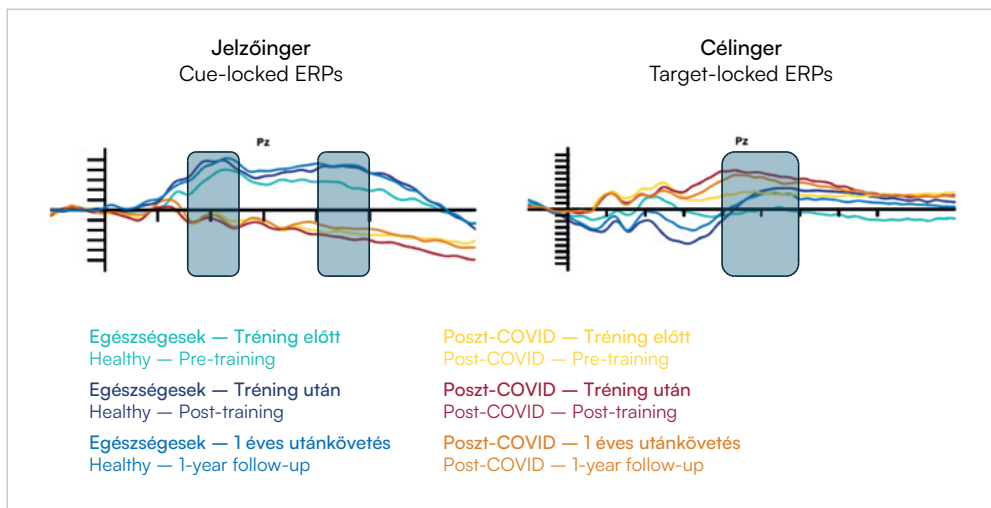
a tréning sem változtatott. Az eseményhez kötött potenciál (EKP) komponensek — az ingerbemutatás után adott idővel megjelenő agyi jelek, amelyek meghatározott kognitív folyamatokhoz köthetők — viszont egyértelmű különbségeket mutattak. A jelzőingerek által kiváltott korai és késői pozitívítás, amit a célaktivációval, illetve a kategória-válasz szabály aktivációjával hoznak összefüggésbe, az egészségesekkel ellentétben a betegcsoportban nem alakult ki, és ezen a tréning sem változtatott. A célinger által kiváltott válaszokban viszont náluk már a tréning előtt is kialakult a P3b komponens (amelyet általában a kategorizációval, a munkaemlékezettel hozunk összefüggésbe), amely a tréning után még nagyobb amplitúdójú és rövidebb latenciájú volt (2. ábra).

Ezenfelül az összes feladatban egyértelmű különbség volt látható az egészségesek és a betegcsoportok kiváltott válaszai között, értve ezen az egyes figyelmi hálózatokat jellemző EKP-kat is. Eredményeink arra utalnak, hogy bár a poszt-COVID-os betegek panaszaira neurológiai kivizsgálással és viselkedéses feladatokkal nem tudunk okot találni, az agyi hálózatokban ténylegesen megfigyelhető egy átrendeződés. Ez elsősorban az orientációt, a figyelmet, felkészülési folyamatokat érinti, amelyek kevésbé hatékony működését viszont a magas intelligenciájú személyek (átlagosan 134-es IQ-jú volt a betegcsoport) egy későbbi feldolgozási fázisban kompenzálni tudják. És bár a kognitív tréning általánosságban náluk is hatékonyan javítja a kognitív folyamatokat, ez sajnos nem terjed ki

early and late positivities — associated with goal activation and category-response rule activation, respectively — did not develop in the patient group and were unaffected by training. However, the target-locked P3b component, related to categorisation and working memory, which had already emerged before training, showed increased amplitude and reduced latency after training (Figure 2).

In addition, in all tasks, there were clear differences in the elicited responses between healthy and patient groups, including ERPs characterising different attention networks. Our findings suggest that although post-COVID complaints cannot be explained by neurological examinations or behavioural tasks, brain network reorganisation is observable. This primarily affects orientation, attention and preparatory processes, which can be compensated for by highly intelligent individuals (with an average IQ of 134 in the patient group) in later processing stages. Although cognitive training generally improves cognitive processes in these patients, it does not extend to the sub-processes that initially functioned poorly.

Five years after the emergence of the virus, we still lack clear answers regarding the causes of post-COVID symptoms, and thus cannot specifically eliminate the causes, but can only attempt to alleviate symptoms. The significance of our research is that it revealed that preparatory and orientation processes are affected in patients with cognitive complaints; despite being able to compensate for these deficits temporarily, this



2. ábra

A feladatváltási paradigmában a jelzőinger és a célinger által kiváltott eseményhez kötött potenciálok az egészséges és a poszt-COVID-tüneteket mutató csoportban a három mérés során

Figure 2

Event-related potentials (ERPs) elicited by the cue and target stimuli in the task-switching paradigm in the healthy and post-COVID symptom groups across the three measurements



1. kép

A kutatócsoport

Balról jobbra: Nagy Boglárka, Czinkóczi Krisztina, Csikós Nóra, Czigler István, Gaál Zsófia Anna, Csizmadia Petra, Petia Kojouharova, Kővári Lili, Balla Györgyi

Picture 1

The research group

From the left: Boglárka Nagy, Krisztina Czinkóczi, Nóra Csikós, István Czigler, Zsófia Anna Gaál, Petra Csizmadia, Petia Kojouharova, Lili Kővári, Györgyi Balla

azokra a részfolyamatokra, amelyek eredetileg rosszabbul működtek náluk.

Öt évvel a vírus megjelenése után még mindig nincs egyértelmű válaszunk arra, mi okozza a poszt-COVID-tüneteket, és így célzottan nem tudjuk megszüntetni az okokat, csak a tünetek csökkentésére tudunk kísérleteket tenni. Kutatásunk jelentősége, hogy feltárta: a felkészülési és orientációs folyamatok érintettek a kognitív tünetekre panaszkodó betegeknél. És bár egy vizsgálat erejéig kompenzálni tudják ezeket a deficiteket, valószínűleg ez a működés nagy energiát igényel, hosszabb távon nem tartható fenn, mert kognitív kifáradáshoz vezet. Kísérletünkben azt is megmutattuk, hogy bár a hagyományos orvosi vizsgálatokkal ezeknél a betegeknél nem mutatható ki az egészségesektől való eltérés, az agyi működés egyértelműen megváltozik. Ezek az eredmények kiindulási alapot jelentenek ahhoz, hogy a későbbi tanulmányok pontosabban tudjanak a problémát okozó területekre fókuszálni.

likely requires significant effort and is not sustainable long-term, leading to cognitive fatigue. Our study also demonstrated that although traditional medical examinations do not show differences in these patients from healthy individuals, brain function is clearly altered. These results provide a basis for future studies to focus more precisely on problematic areas.



## KIRÁLY ILDIKÓ

Eötvös Loránd Tudományegyetem  
Eötvös Loránd University

**A virtuális világ okozta változások a társas megismerésben: Ugyanúgy értünk-e másokat a virtuális világban, mint ha találkoznánk?**

**Changes in social cognition caused by the virtual world: Do we understand others online as we do in person?**

Kutatótársak  
Co-researchers

Andrási Krisztina, Bencsik Rita, Elekes Fruzsina, Király Ildikó, Kis Hunor, Marno Hanna, Munding Márton, Nagy Márton, Oláh Katalin, Pető Réka, Schvajda Réka, Tolmár Fanni, Zsoldos Rebeka



Az emberi nem vívmánya, hogy képesek vagyunk másoknak hasonló tudatot tulajdonítani, mint amilyenel mi magunk folyamatosan követjük a körülöttünk történeteket. Ez a képesség a tudatelmélet, mely jelentőségét abból nyeri, hogy a gazdag társas világban segít eligazodni. Ennek a képességnek a kutatása rendkívül kiterjedt, ám mind ez ideig nem kaptunk választ arra, hogy az egységes tudat és annak tulajdonítása hogyan kezeli azt, hogy sokféle szenzoros forrásból vagy éppen másodkézből származik-e az információ, amelyet tudatunk egységge formál, miközben kezeli a forrásnak és modalitásának jellegét.

Ez a kérdés különösen aktuálissá válik, amikor a másokkal való interakció egyrészt a növekvő technológiai fejlődésnek köszönhetően a kommunikációs eszközök elterjedése, másrészt a pandémia okozta távolságtartás miatt elsősorban a virtuális térben zajlik. A virtuális térben pedig más szabályok érvényesek arra, hogy a szenzoros modalitások hogyan működnek. Kutatási kérdésünk arra irányult, hogy vajon a több virtuális térben töltött idő támogatja-e annak megértését, hogy a különböző szenzoros modalitások korlátai miatt a másik információhoz való hozzáférése korlátozottabb, és ezért mást tudhat. Vagy éppen fordítva, a virtuális találkozások miatt még lassabb és egyre nagyobb kihívás a másik megértése, mentális állapotainak tulajdonítása. E kérdés megválaszolását tűztük ki célul, s e kérdésen keresztül a legtöbb emberi tevékenységben jelen levő társas viselkedés alapjának tekinthető tudatelmélet pandémia nyomán fellépő változásait kívántuk megérteni.

It is the achievement of humankind that we are able to attribute to others a consciousness similar to the one which we ourselves constantly employ to follow what is happening around us — this ability is known as Theory of Mind (ToM). ToM research is extremely extensive, but we have not yet received an answer as to how a unified consciousness and its attribution deal with the fact that information comes from multiple sensory modalities, while taking into account the nature of the source and its modality.

This issue becomes particularly relevant when interactions with others take place primarily in the virtual space due to the proliferation of communication devices on the one hand, and the distance caused by the pandemic on the other. In the virtual world, different rules apply to how sensory modalities work. Does the time spent in multiple virtual spaces support the understanding that access to information is more constrained due to the limitations of different sensory modalities and therefore it is easier to attribute mental states? Or, conversely, do virtual encounters make it even slower and increasingly challenging to understand and attribute mental states to others? Our research aimed to answer this question, seeking to understand the changes in ToM — which can be considered the basis of the social behaviour present in most human activities — in the wake of the pandemic.

The overall objective of the research was therefore to better understand what young children think about online interactions and how children relate



1. kép

*A rejtési esemény az Élő feltételben (balra), valamint a Felvett videó és videóbeszélgetés feltételekben (jobbra)*



Picture 1

*Hiding event in person (left) and the hiding event with pre-recorded video over video chat (right)*

A kutatás átfogó célja tehát az volt, hogy jobban megértsük, mit gondolnak a kisgyermek az online interakciókról, hogyan viszonyulnak a gyerekek a képernyőn látott eseményekhez és az ott látott emberekhez. Ezen a kereten belül három kapcsolódó témát terveztünk lefedni, és összességében sikerült követnünk az eredeti kutatási terv leglényegesebb pontjait.

Az első kérdésünk az volt, hogy a kisgyermek megértik-e, hogy a képernyőn megjelenő partnerek valódi személyek. Az első vizsgálat-sorozatban azt vizsgáltuk, hogy a 18 hónapos gyermekek képesek-e különbséget tenni a videohívások és az előre felvett videók között a valós világra gyakorolt potenciális hatásuk tekintetében (az eljárás illusztrációját az 1. képen láthatjuk). Eredményeink arra utalnak, hogy a kisgyermek képesek új információkat tanulni a videohívásokon keresztül, megértik a virtuális események sajátos reprezentációs jellegét. A kisgyermek megértik, hogy a virtuális platformok valódi személyeket képviselnek.

Második kérdésünk az volt, hogy a virtuális világgal kapcsolatos tapasztalatok hogyan befolyásolják a képernyőn megjelenő partnerek mentális állapotainak tulajdonítását. Arra voltunk kíváncsiak, hogy a virtuális interakciókban szerzett növekvő tapasztalat megnehezíti-e, vagy inkább kifejezetten megkönnyíti a másokról való gondolkodást. Kísérletünkön keresztül megtudtuk, hogy erre a kérdésre nagyon nehéz válaszolni, sőt úgy véljük, hogy mivel a gyermekek számára az online környezetben korlátozottan hozzáférhetőek a másokról szóló információk, a gyermekek figyelembe

to the events they see on the screen and to the people they see there. We planned to cover three related themes within this framework, and, overall, we managed to follow the most relevant points of the initial proposal.

Our first question was whether toddlers understand that the partners appearing on their screens are real people. In the first set of studies, we explored whether 18-month-old children can differentiate between video calls and pre-recorded videos with regards to their potential implications for the real world (an illustration of the method can be found in *Picture 1*). Our findings suggest that young children are able to learn new information through video calls, and they understand the special representational nature of virtual settings. Young children understand that virtual platforms represent real persons.

Our second question was how experiences with the virtual world influence the attribution of mental states to partners on screen. We were interested in seeing whether the increasing experience in virtual interactions makes it more difficult or rather explicitly facilitates ToM reasoning. We learned via our experiment that it is very difficult to answer this question, and in fact we believe that given the limited access to information about others for children in the online environment, children take this into account and thus their ToM attributions are impacted.

Our third question was whether the interaction on screen produces similar memories to conversations in face-to-face interactions. We investigated whether, when children participate in



---

## 2. kép

*A kutatócsoport*

Balról jobbra: Marno Hanna, Tolmár Fanni, Kis Hunor, Bencsik Rita, Schvajda Réka, Munding Márton, Király Ildikó, Nagy Márton, Elekes Fruzsina, Oláh Katalin, Petó Réka, Zsoldos Rebeka, András Krisztina

---

## Picture 2

*The research group*

From the left: Hanna Marno, Fanni Tolmár, Hunor Kis, Rita Bencsik, Réka Schvajda, Márton Munding, Ildikó Király, Márton Nagy, Fruzsina Elekes, Katalin Oláh, Réka Petó, Rebeka Zsoldos, Krisztina András

veszik ezeket, és következésképpen nehezebb számukra a mások mentális állapotainak kikövetkeztetése, ám kérdés, hogy ebben a bizonytalanságban mekkora a pandémia, és mekkora magának a virtuális világgal való ismerkedésnek a szerepe.

A harmadik kérdésünk az volt, hogy a képernyőn történő interakció hasonló emlékeket eredményez-e, mint a személyes együttlétek során folytatott beszélgetések. Tulajdonképpen azt vizsgáltuk, hogy amikor a gyerekek egy másik személlyel együtt vesznek részt egy eseményen, és a partnerük egy online platformon keresztül vesz részt benne, a találkozási platform hatással van-e arra, hogy a gyerekek hogyan emlékeznek vissza az eseményre. A vizsgálat eredményei azt mutatják, hogy érdekes és érdemes vizsgálni egyáltalán, hogy a felidézés folyamatát hogyan befolyásolja a partnerrel közös eseményen való részvétel formája. A jelenlegi módszerek és a gyerekek gyenge teljesítménye arra vezet, hogy további átgondolására lenne szükség ahhoz, hogy ez megfelelően feltárható kérdéssé váljon.

Ezek a kérdések és a kapott válaszok rávilágítanak, hogy bár a kisgyerekek alapvetően értik a virtuális világ másságát és kihívásait, a benne való eligazodásukat, a virtuális világ való világhoz fűződő viszonyát és a korlátokat lassan tanulják meg kezelni. Ezen a területen is útmutatásra szorulnak: nem helyettesítheti az élő interakciókat a virtuális térben zajló kommunikáció. Eredményeink segíthetik az oktatásban dolgozókat abban, milyen módszerekkel tudnák támogatni a virtuális eszközök megfelelő felhasználását.

an event with another person through an online platform, the platform influences how they recall the event. The results of this study show that it is interesting and worthwhile to investigate how the process of recall is affected by the form of participation in a shared event with a partner. However, given the poor performance of the children, further reflection on the present methods is needed to make this a properly researchable question.

These questions, and the responses we received, highlight that although young children understand the differences and challenges of the virtual world in principle, they are slow to learn to how to manage their own understanding of it and its relationship to the world and its limitations. They thus need guidance in understanding that communication in the virtual space cannot replace live interactions. Our findings can help educators to identify ways of supporting the appropriate use of virtual tools.



**POGÁNY ÁKOS**

Eötvös Loránd Tudományegyetem  
Eötvös Loránd University

**A járvány rövid és hosszú távú  
hatásai óvodáskorú gyerekek digitális  
eszközhasználatára és szociokognitív fejlődésére**

**Short- and long-term effects of the pandemic  
on the digital device use of and socio-cognitive  
development in preschoolers**

Kutatótársak  
Co-researchers

Jurányi Zsolt, Konok Veronika, Liskai-Peres Krisztina, Szóke Rebeka

A COVID-19-járvány hatalmas kihívások elé állított mindannyiunkat. A társas kapcsolatok korlátozásával csökkentették a vírus terjedését, minden eddiginél intenzívebb digitális eszközhasználatot eredményezve; az oktatás, munkavégzés, kapcsolattartás és szabadidős tevékenységek is az online térre korlátozódtak. De vajon mi volt a helyzet a kisebbekkel? Visszás, hogy épp a társas és érzelmi fejlődés szempontjából legérzékenyebb, ún. alfa generáció tagjaira gyakorolt hatások maradtak viszonylag rejtve (1. kép).

Társas-érzelmi készségeink (pl. tudatelméleti készségünk\*) fejlődése gyakorlást igényel. Kisgyermekkorban a legintenzívebb a családtagokkal együtt töltött minőségi idő személyes interakciók, szerepjáték, közös meseolvasás által. A digitális eszközök használata — akárcsak a régebbi médiáé — azonban jellemzően magányos, így ezek értékes időt vehetnek el a fejlődést segítő tevékenységektől.

Pályázatunkban az ELTE TTK Etológia Tanszék Alfa Generáció Laborjában (2. kép) az óvodáskorúak digitális eszközhasználatának és társas készségeik fejlődésének a járvány miatt bekövetkező változását vizsgáltuk.

The COVID-19 pandemic presented enormous challenges for all of us. By restricting social relationships, the spread of the virus was reduced, resulting in a more intensive use of digital devices than ever before; education, work, communication, and leisure activities shifted to the online space. But what about younger children? It is paradoxical that the effects on the so-called alpha generation, the most sensitive group in terms of social and emotional development, remained relatively hidden (Picture 1).

The development of our socio-emotional skills (for example, our Theory of Mind\*) requires practice. In early childhood, the most intense development occurs through quality time spent with family members, personal interactions, role-playing, and shared storytelling. However, the use of digital devices, like the use of older media, is typically solitary, which can take valuable time away from development-enhancing activities.

In our research project at the Eötvös Loránd University (ELTE) Faculty of Science (TTK) Ethology Department's Alpha Generation Lab (Picture 2), we investigated changes in digital device use due to and the socio-emotional development of preschoolers in response to the pandemic.

---

\* Tudatelmélet: a képesség, amely által különböző mentális állapotokat, pl. szándékokat, elképzeléseket, vágyakat, hiedelmeket és érzelmeket tulajdoníthatunk magunknak és másoknak. Ez a képesség alapvető ahhoz, hogy megértsük saját magunk és mások viselkedését.

---

\* Theory of Mind: the ability to attribute various mental states - such as intentions, beliefs, desires, thoughts, and emotions - to ourselves and others. This ability is fundamental for understanding both our own and others' behaviour.



1. kép

*Az alfa generáció tagjai olyan gyermekek, akik 2010 után születtek*

Számukra a digitális technológiák az élet magától értetődő részét képezik, használatuk életmódjukká válik, így offline-online hibrid világban nőnek fel.

Fotó: Papp Dániel

Picture 1

*Members of the alpha generation are children born after 2010*

For them, digital technologies are a natural part of life; their use becomes their way of life, so they grow up in a hybrid offline-online world.

Photo by Dániel Papp



## Az óvodások eszközhasználatának járvány okozta növekedése

A kérdést a korlátozások előtt, alatt és után gyűjtött adatokkal terveztük vizsgálni, azonban további korlátozások hiányában két alternatív megközelítést alkalmaztunk.

Demetrovics Zsolt (ELTE PPK Pszichológia Intézet) csoportjával együttműködve a harmadik hullám során a gyermekek jelenlegi és járvány előtti eszközhasználatára kérdeztünk rá. A 150 feldolgozott szülői kérdőív alapján az óvodások a járványhullámok alatt többet használták a tévét/okostévéjét és az okostelefont; elsősorban mesefilmeket és videókat néztek többet (*1. ábra*).

Caroline Fitzpatrick (Université de Sherbrooke, Kanada) csoportjával 331 óvodás adatait elemezve megállapítottuk, hogy eszközhasználatuk jelentősen emelkedett a szülők munkakörülményeinek változásával, pl. ha a szülő többet dolgozott, vagy elvesztette a munkáját a járvány következtében.

## A társas-érzelmi fejlődés és az eszközhasználat pontos felmérése

Vizsgálatunkban korábbi kutatásaink eredményeit a COVID-járvány után 70 óvodás teszttel egészítettük ki, hogy összevessük a járvány előtt, alatt és után óvodás éveiket töltő gyerekek társas-érzelmi fejlődését. A használt társas-kognitív tesztek sikerére erős pozitív korhatás jellemző, amit a mi elemzésünk is igazolt. Jelenleg

## Increased device use in preschoolers due to the pandemic

We planned to investigate this question using data collected before, during, and after the restrictions; however, in the absence of further restrictions, we applied two alternative approaches.

In collaboration with Zsolt Demetrovics (ELTE Faculty of Education and Psychology [PPK] Institute of Psychology), we asked parents about their children's current and pre-pandemic device use during the third wave. Based on 150 processed surveys, preschoolers used television/smart TVs and smartphones more during the pandemic waves, mainly for watching animated films and videos (*Figure 1*).

Analysing data from 331 preschoolers in collaboration with Caroline Fitzpatrick (Université de Sherbrooke, Canada), we found that their device use increased with changes in their parents' work circumstances, for example, when a parent worked more or lost their job due to the pandemic.

## Accurate assessment of socio-emotional development and device use

In this study, we complemented the results of our previous research with tests from 70 post-COVID preschoolers to compare the socio-emotional development of children who spent their preschool years before, during and after the pandemic. The success of the applied socio-cognitive tests (Sally-Anne and Faux Pas tests) is charac-



2. kép

*Az Alfa Generáció Labor munkatársai a gyűjtött adatok kiértékelése közben*

A kutatócsoport tagjai (balról jobbra): Konok Veronika, Jurányi Zsolt, Pogány Ákos, Liszkai-Peres Krisztina, Szőke Rebeka

Fotó: Papp Dániel

Picture 2

*The research group of the Alpha Generation Lab evaluating the collected data*

From the left: Veronika Konok, Zsolt Jurányi, Ákos Pogány, Krisztina Liszkai-Peres, Rebeka Szőke

Photo by Dániel Papp

az elemzések finomhangolásával próbálunk egyértelmű következtetésekre jutni a járvány hatásait illetően.

### A társas-érzelmi tesztek továbbfejlesztett, digitális változatainak kifejlesztése

Projektünkben az eszközhasználatot pontosan monitorozó „Manó-napló” applikációnk fejlesztése sikerrel zárult, applikációnk leírását publikáltuk. Kifejlesztettük és validáltuk a *Sally és Anne* és a *Faux pas* tesztek digitális verzióit: 73 óvodást teszteltünk ismételt mindkét teszt hagyományos (offline) és online (eredeti digitalizált) változatával. Verziótól függetlenül hasonló eredményeket kaptunk, így tesztjeink validnak bizonyultak.

Kanadai kollaborációban feltártuk a szülő digitális érzelemszabályozása és a gyerekek önszabályozási készségei közötti kapcsolatot. Kimutattuk továbbá, hogy az óvodások intenzívebb eszközhasználatára rosszabb minőségű szülő-gyermek kapcsolattal jár együtt, és a szülő-gyermek eszközhasználat mértéke is pozitívan függ össze.

Kimutattuk, hogy az óvodáskorú gyerekek eszközhasználatára is jelentősen nőtt, és ez társas-érzelmi fejlődésükre negatív hatással lehetett a járvány alatt. Pályázatunk számos publikációt és beadott vagy beadáshoz közeli kéziratot, sikeres nemzetközi és hazai kollaborációkat eredményezett. Naplózó alkalmazásunk és a digitális társas-kognitív tesztek újabb projektek indításához járulnak hozzá. A jövőre nézve kiemelt hosszú távú célunk, hogy közösségi tudomány (*citizen*

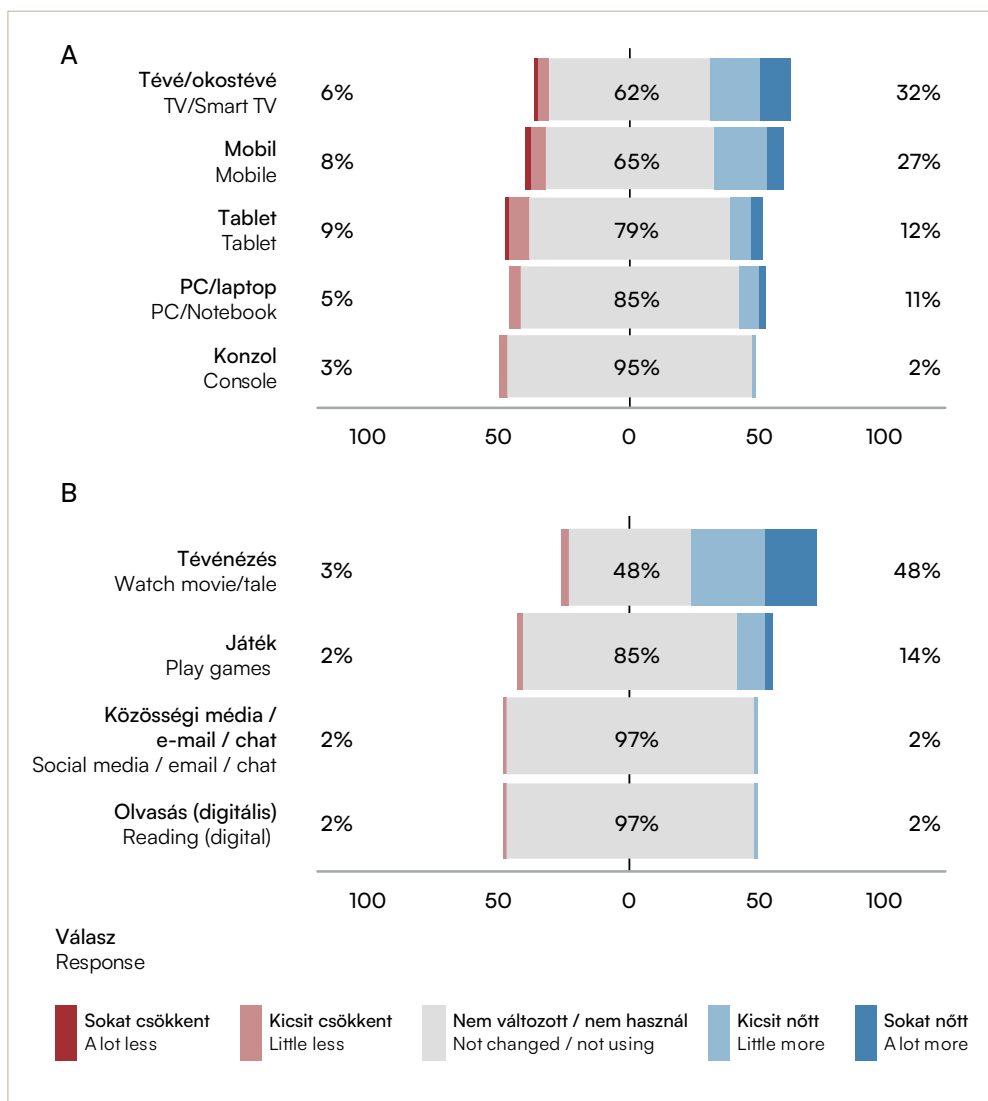
terised by a strong positive age effect, which our analysis also confirmed. We are currently fine-tuning the analyses to draw clear conclusions regarding the effects of the pandemic.

### Development of improved, digital versions of socio-emotional tests

We successfully developed and published a description of our new logger application (“Manó-napló”), which accurately monitors children’s device use. We also developed and validated digital versions of the Sally-Anne and Faux Pas tests: we repeatedly tested 73 preschoolers with both tests in their traditional (offline) and online (original digitalised) versions. Regardless of version, we obtained similar results, demonstrating the validity of our newly developed tests.

In a Canadian collaboration, we explored the relationship between parents’ digital emotion regulation and children’s self-regulation skills. We further found that increased device use among preschoolers is associated with poorer quality parent-child relationships, and the degree of parent-child device use is positively correlated.

We showed that device use in preschoolers also significantly increased, and this may have negatively impacted their socio-emotional development during the pandemic. Our project resulted in numerous publications and several submitted or near-submission manuscripts, alongside successful international and national collaborations. Our logger application and



1. ábra

A szabadidős célú digitális eszközhasználat változásai az eszköz típusa (A) és a tevékenységek (B) alapján 4–6 éves gyermekeknél

A változásra a harmadik COVID-hullám korlátozásai alatt kérdeztünk rá a szülőknél, az azt közvetlenül megelőző használatához viszonyítva.

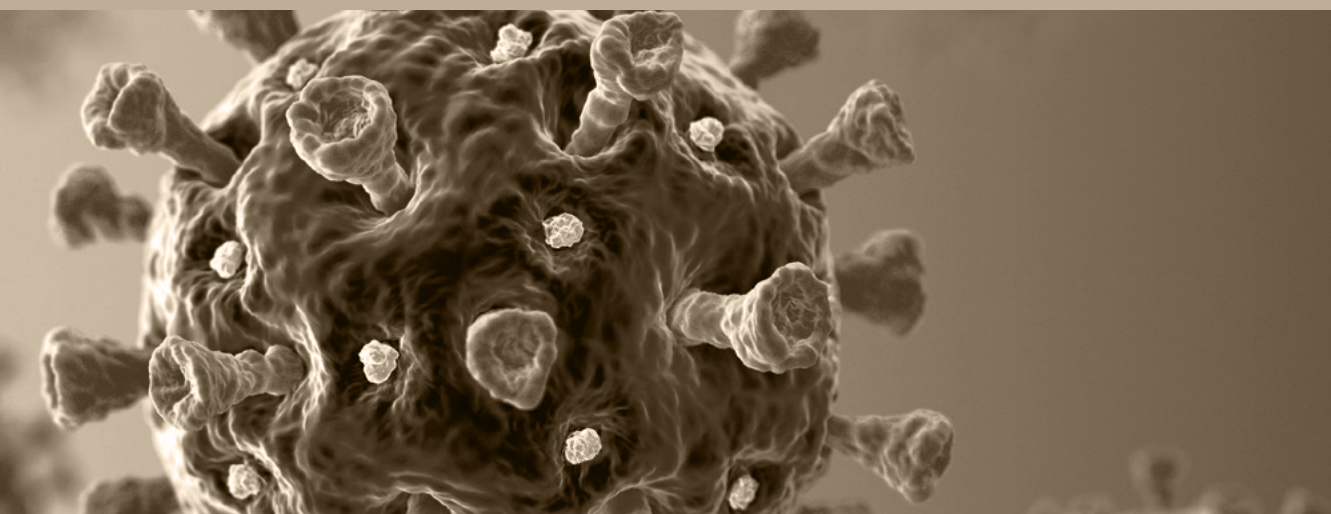
Figure 1

Changes in leisure-time digital device use based on (a) device type and (b) activity type for 4-6-year-old children

We asked parents about the change during the restrictions of the third COVID wave compared to usage for the period immediately preceding it.

science) megközelítéssel átfogó képet kapjunk az eszközhasználat és a társas készségek fejlődési trendjeiről, összefüggéseiről kisgyerekeknél. Célunk a szülők, tanárok, szakértők és oktatással-neveléssel foglalkozó politikusok digitális eszközhasználattal kapcsolatos megalapozott döntéseinek támogatása empirikusan bizonyított kutatási eredményekkel.

the digital socio-cognitive tests allowed the launch of new projects. Our long-term goal was to obtain a comprehensive understanding of the developmental trends and interrelations of device use and social skills in young children through a citizen-science approach. Our aspiration is to support parents, teachers, experts and policy-makers in education so that they can make informed decisions based on the empirically proven consequences of digital device use at an early age.





**Szociológia**  
Sociology



## **ALBERT FRUzsINA**

HUN-REN Társadalomtudományi Kutatóközpont  
HUN-REN Centre for Social Sciences

**Az oltakozási szándék megértése  
különböző társadalmi kontextusokban –  
gépi tanulási megközelítés**

**Understanding vaccination intention in various  
social contexts – a machine learning approach**

**Kutatótársak**  
Co-researchers

Brys Zoltán, Husz Ildikó, Kiss Márta, Kopasz Marianna,  
Pethesné Dávid Beáta, Zsigmond Csilla



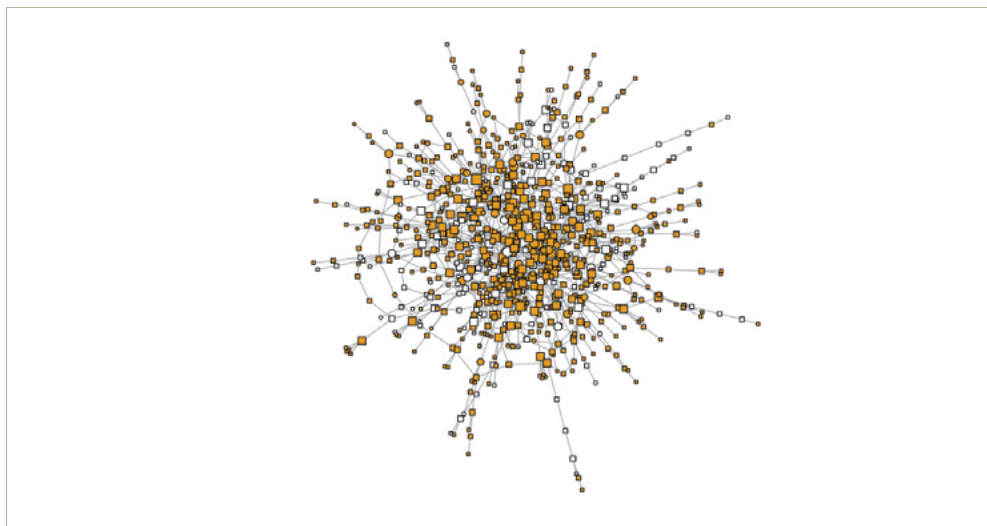
Megpróbáltuk innovatív módon megvizsgálni a COVID-19 elleni védőoltás elutasítása mögötti mikrotársadalmi tényezőket, hogy eredményeink egy jövőbeni zoonotikus járvány kitörése esetén felhasználhatóak legyenek a járványkezelésben. Az elsődleges cél (a párok mint elemzési egység használatának vizsgálata) mellett hat másodlagos célt tűztünk ki. Kutatási tervünkkel összhangban két keresztmetszeti online felmérést végeztünk, egyet Magyarországon és egyet az Egyesült Államokban. Elsődleges célunk esetében az elvárt prediktív erőt sikerült elérnünk.

Egyéni szinten az oltással kapcsolatos negatív attitűdöt az episztemikus bizalmatlanság és az egészségügyi ismeretek befolyásolják, míg a pozitív attitűdöt az egészségügyi ismeretek, az általános bizalom és a társadalmi normák elfogadása. A COVID-19-től való félelem, a COVID-19-hez kapcsolódó ismeretek és a tudományba vetett bizalom fontos előrejelzői a COVID-19 elleni védőoltással kapcsolatos attitűdnek. A félelem és a tudás szintén összefügg a tudományba vetett bizalommal. A magasabb iskolai végzettségűek és a magasabb jövedelműek, valamint a nagyobb episztemikus bizalommal rendelkezők jobban bíznak a tudományos eredményekben. Annak ellenére, hogy a megbízható információforrások világos és következetes kommunikációja döntő tényező a bizalom kiépítésében, külön erőfeszítések javasolhatóak annak érdekében, hogy a kulcsfontosságú járványügyi üzenetek az alacsony iskolai végzettségűek számára is elérhetőek és befogadhatóak legyenek.

We attempted to innovatively investigate the microsocial factors behind COVID-19 vaccine refusal in order to have our results used during future zoonotic outbreaks. We set out one primary aim (an evaluation of using couples as the unit of analysis) and six secondary aims. In accordance with our research proposal, we conducted two cross-sectional online surveys, one in Hungary, and one in the USA. With respect to our primary aim, the evaluation of using couples as the unit of analysis, we attained the predictive power we had aimed for.

At the individual level, negative attitudes towards vaccination are influenced by epistemic mistrust and health knowledge, while positive attitudes are influenced by health knowledge, general trust and social norms espousal. Fear of COVID-19, COVID-19-related knowledge, and trust in science are important predictors of attitudes towards COVID-19 vaccination. Fear and knowledge are also associated with trust in science. People with higher levels of education and income and those with more epistemic trust have greater trust in science. Although clear and consistent communication of reliable sources of information is a crucial factor in building trust, special efforts should be made to ensure that key epidemiological messages are accessible to and understandable for people with low levels of education.

From a health-communication perspective, we identified five potentially high-impact health media campaign themes for the future. We found that



**1. ábra**

*Illusztráció. A magyar felnőtt népesség exponenciális random gráf ( $p^*$ ) modell segítségével szimulált, COVID-19 elleni védőoltással kapcsolatos beszélgetési hálózatának legnagyobb komponense*

A narancssárga csomópontok az oltott személyeket jelölik, a fehér színűek az oltatlanokat, az élek a COVID-19 elleni védőoltásról szóló beszélgetéseket, a köralakzatok pedig az egészségügyi szakembereket.

**Figure 1**

*Largest component of one of the simulated networks of the Hungarian adult COVID-19-conversation network using a  $p^*$  model*

Nodes represent individuals, with orange indicating vaccinated and white indicating unvaccinated individuals. Edges represent COVID-19-related anti-vaccination conversation. Circle shapes represent health professionals.

Az egészségügyi kommunikáció szempontjából öt potenciálisan nagy nyereséget hozó egészségügyi médiakampány-üzenetet azonosítottunk. „A beoltottak a környezetük egészségét is védik” állítással való egyetértés növekedése emelhetne volna meg a legnagyobb mértékben a COVID-19 elleni védőoltás felvételének arányát a magyar felnőtt lakosság körében. A szolidaritás és a közjó szempontjának hangsúlyozása és általánosságban a társadalmi kohézió erősítése ebből a szempontból is indokolt cél lehet a jövőben.

Amikor azt vizsgáltuk, hogy a magyar felnőttek kivel beszélgettek a COVID-19 elleni oltásról, azt találtuk, hogy még azok körében is, akik negatív interperszonális társas befolyásnak voltak kitéve, az alapvető virológiai ismeretek védőfaktorok bizonyultak a negatív befolyással szemben. Az oltásról folytatott beszélgetési hálózatokban klasztereződést találtunk, vagyis az oltottak hajlamosak voltak a véletlenszerűen várnál nagyobb arányban csak más oltott egyénekkal beszélgetni erről a témáról, és ugyanez a tendencia érvényesült a nem oltottak körében is. A beoltottak COVID-19 elleni védőoltással kapcsolatos beszélgetési hálózataira jellemző, hogy kevésbé fedezhető fel bennük a nemi és iskolai végzettség szerinti homofília, több egészségügyi szakember és egyéb felsőfokú végzettségű, valamint több oltott található a beszélgetőpartnerek között. A kérdőíves mintánk alapján  $p^*$  gráfmodellek segítségével szimuláltuk a teljes magyar lakosság COVID-19 elleni oltással kapcsolatos lehetséges beszélgetési hálózatát (1. ábra).

a successful increase in agreement with the statement “The vaccinated also protect the health of those around them” could have achieved the highest increase in the vaccination rate among the Hungarian adult population, so stressing the aspect of solidarity and the common public good, and more generally, strengthening social cohesion, may also be a justified aim in this regard in the future.

When examining with whom Hungarian adults discussed matters related to COVID-19 vaccination, we found that even among those who were exposed to negative interpersonal social influence, basic virological knowledge was a strong protective factor against negative influence. We found clustering in the networks of conversations about COVID-19 vaccination, that is, vaccinated individuals tended to talk about this topic only with other vaccinated individuals in a higher proportion than expected by chance, and the same trend held for the unvaccinated as well. The conversation networks of the vaccinated individuals regarding COVID-19 vaccination are characterised by less gender and educational homophily and the presence of more health professionals, those with a tertiary education, and more vaccinated individuals. Based on our survey sample, using  $p^*$  graph models, we simulated the population-level COVID-19 vaccination conversation network of the Hungarian population (Figure 1).

Eredményeink négy, a poszt-COVID-társadalomban egy jövőbeni zoonotikus járvány kitörése esetén hasznosítható megállapításban foglalhatók össze:

1. A védőoltás felvételének nagyfokú párokon belüli hasonlósága miatt az oltási kampányok (adjuváns elemként) az együtt élő párokat/háztartásokat is célozhatnak.
2. A virológiai alapismeretek valószínűsíthetően a társas befolyástól független védőfaktoroként működnek.
3. Erőfeszítéseket kellene tenni a lakosság egészségügyi műveltségének növelésére, különösen a hátrányos helyzetű társadalmi csoportokat kell érthetőbb üzenetekkel megcélozni.
4. A védőoltást népszerűsítő tömeges egészségügyi kommunikációs kampányoknak fontolóra kellene venniük a közösségi érdek szempontját előtérbe helyező üzenetek kidolgozását, tesztelését és használatát.

Our results have some major implications, which can be utilised in a post-COVID society in the event of future zoonotic outbreaks:

1. Given the high level of concordance, vaccination campaigns can also target cohabiting couples/households.
2. Basic virological knowledge is highly likely to be an independent protective factor against vaccine refusal and negative social influence.
3. Efforts should be made to further increase the health literacy of the population, in particular targeting disadvantaged social groups with more understandable messages.
4. Future mass health communication campaigns promoting vaccination should consider emphasizing community interest.





## KOVÁCH IMRE

HUN-REN Társadalomtudományi Kutatóközpont  
HUN-REN Social Science Research Centre

### COVID-19-járvány – társadalmi egyenlőtlenségek és integráció

### The COVID-19 pandemic – social inequalities and integration

#### Kutatótársak Co-researchers

Albert Fruzsina, Bagyura Márton, Balogh Karolina, Bihari Ildikó, Czibere Ibolya, Csizmadia Péter, Csizmady Adrienne, Csurgó Bernadett, Dávid Beáta, Fekete Balázs, Gerő Márton, Győri Ágnes, Hajdu Gábor, Horzsa Gergely, Huszár Ákos, Huszti Éva, Illéssy Miklós, Katics Eszter, Kovács Eszter, Kovai Cecília, Kőszeghy Lea, Kristóf Luca, Megyesi Boldizsár, Molnár Éva, Papp Z. Attila, Pulay Gergely, Sipos Alexandra, Szarka Melitta, Zsigmond Csilla

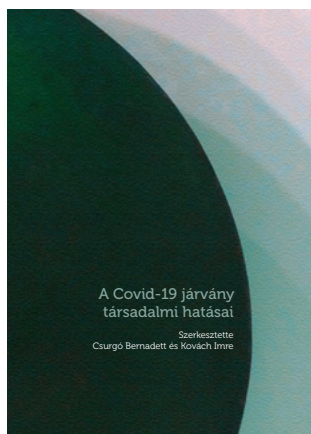
A kutatás célja a „poszt-COVID” társadalmi jelenségek kvantitatív és kvalitatív elemzése volt, mert kiindulásként azt feltételeztük, hogy a járvány leküzdésének sikeressége, a következmények kezelhetősége, a társadalom reakcióképessége nagyban függ a társadalmi egyenlőtlenségek alakulásától, a szociális hatásoktól, a társadalmi integráció és dezintegráció változásától, a bizalom és szolidaritás, a társadalmi kapcsolatok és a helyi társadalmak szerveződési folyamataitól. A kutatás módszere három longitudinálisnak tekinthető adatfelvétel (2015, 2018, 2021 vége) és kvalitatív kutatómunka alapján azoknak a társadalmi trendeknek az elemzése volt, amelyek szerint a poszt-COVID-időszakra vonatkozó tendenciák is valószínűsíthetőek. A kutatás eredményei három tanulmánykötetben jelennek meg.

A közel ötvenezer halott, az egészségügyi rendszer működése, a járványkommunikáció, a kaotikus állami beszerzések, a gazdasági visszaesés, a polgári szabadságjogok szigorú korlátozása, a munkakörülmények radikális változása, a társadalmi kapcsolatok beszűkülése egyaránt a válságállapot irányába mutattak, viszont a COVID-válságnak csekély volt a hatása a 2022-es országgyűlési választások kimenetelére. Ugyanakkor a járvány okozta válságot a kapcsolatokra és a közösségekre, az általános gazdasági-egészségi állapotokra és a saját életviszonyaira vonatkozóan a lakosság legtöbb rétege pontosan érezte.

A társadalomszerkezeti és a gazdasági státusz, valamint az egészségi állapot között a magyar társadalomban is

The aim of our research was to conduct a quantitative and qualitative analysis of post-COVID social phenomena. As a starting point, we assumed that the success of overcoming the pandemic, the manageability of the consequences, and the responsiveness of society largely depend on the evolution of social inequalities, social effects and social integration and from changes in disintegration, trust and solidarity, social relations and the organisational processes of local societies. The analysis of social trends was based on three data collections regarded as longitudinal (conducted in 2015, 2018, and at the end of 2021) and qualitative research work, with the aim of identifying those trends that are also likely to characterize the post-COVID period. The results of our research were published in three volumes of studies.

Almost 50,000 deaths, the problematic functioning of the health care system, pandemic communication, chaotic public procurement, the economic downturn, the strict restriction of civil liberties, the radical changes in working conditions, and the narrowing of social relations all pointed in the direction of a crisis, but the COVID crisis had little impact on the outcome of the 2022 parliamentary elections. Most strata of the population accurately perceived the crisis caused by the pandemic in terms of relationships and communities, general economic and health conditions, and their own living circumstances. The restrictions clearly affected not only actual migration, but also their future plans.



1. kép

*A kutatás eredményeit tartalmazó egyik tanulmánykötet*

Picture 1

*One of the publications containing the results of the research*

meghatározó kapcsolatot mutattunk ki. A korlátozások egyértelműen háttással voltak nemcsak a tényleges migrációra, de a tervekre is. A tartós egészségi és mentális problémák az alacsony iskolázottságú és a hátrányos anyagi helyzetű, kistelepüléseken élők között sokkal gyakoribbak voltak. A mentális betegségek és a depresszió viszont inkább a nagyvárosokban voltak erősebbek, ahol kisebb a társas kapcsolatok védőfaktor-funkciója. A fizikai/szervezeti egészségi állapotnak a bizalmi kapcsolatok, a mentális egészségnek a társadalmi beágyazottságot elősegítő gyenge kapcsolatok kiterjedtsége biztosít nagyobb védelmet. A rendezetlen társadalmi státusz, különösen a rosszabb anyagi helyzet egyértelműen befolyással van mind a családi kapcsolatokkal való

Long-term health and mental problems were much more common among people with low education levels and a disadvantaged financial status living in small settlements. Mental illnesses and depression were stronger in big cities, where the protective factor function of social relationships is weaker. Physical health is better protected by trust-based relationships, while mental health is more strongly safeguarded by the extent of weak ties that promote social embeddedness.

The confused social situation, especially the worsening financial situation, clearly influences both dissatisfaction with family relationships and adaptation to the pandemic situation. The population perceived the dam-



elégedetlenségre, mind pedig a járványhelyzethez való alkalmazkodásra. A lakosság az egészségkárosodást sokkal kisebb arányúnak érzékelte, mint a munkakörülmények és a pénzügyi helyzet romlását. A foglalkozási osztályszerkezet, az iskolázottság és a települések közötti egyenlőtlenségek hierarchiái meghatározónak bizonyultak a járvány következményei és észlelésük szempontjából. A COVID-hatás a társadalmi hierarchiák szerint képeződik le. A polgárosodottabb csoportok munkáját, pénzügyi helyzetét és egészségét is sokkal kevésbé érintette a járványidőszak, mint a lemaradókét. Az erősen integrált csoport egészségi mutatója sokkal jobb, mint a dezintegrált rétegeké. A lakosság COVID-percepciója, biztonságérzete és a járványhatás érzékelése a magyar társadalom strukturális, integratív egyenlőtlenségeit (a társadalmon belüli pozíciók és rétegek, az integráció, az iskolai végzettség, a társadalmi mobilitás lehetősége és annak szubjektív megítélése) csak részben tükrözi, és nagyon sokszor más tényezők, mint például az értékorientációk, politikai preferenciák is alakíthatják. A járvány hatásainak érzékelése és a válaszreakciók tehát nem köthetőek egyértelműen az egyének és a csoportok társadalmi hierarchiában elfoglalt helyéhez, azokat gyakran sokkal inkább olyan egyéb tényezők határozzák meg, mint a családnagyság, a területi elhelyezkedés vagy a politikai preferenciák, ezért egy esetleges újabb járványra való felkészülés esélyét és feladatait a strukturális/szektoriális kereszthatások intenzívebb kutatásával érdemes elemezni.

age to health to be much smaller than the deterioration of working conditions and the financial situation. The hierarchies of the occupational class structure, education, and inequalities between settlements proved to be decisive in terms of the consequences of the pandemic and their perception. The COVID effect is mapped according to social hierarchies. The work and financial situation and health status of the more prosperous groups were much less affected by the pandemic period than those who were lagging behind. The health index of the highly integrated group was much better than that of their non-integrated counterpart. The perception of COVID, the feeling of security, and the perception of the impact of the pandemic only partially reflect the structural and integrative inequalities of Hungarian society (positions and layers within society, integration, education, the possibility of social mobility and its subjective assessment), and very often different factors such as value orientations and political preferences can also shape it. The perception of the effects of the pandemic and the responses cannot be clearly linked to the position of individuals and groups in the social hierarchy; they are often determined by other factors such as family size, geographical location or political preferences. Therefore, the chances and tasks of preparation for a possible new pandemic make it worth analysing, with more intensive research, structural/sectoral cross-effects.



# LELESZI-TRÓBERT ANETT MÁRIA

Semmelweis Egyetem  
Semmelweis University

Családi gondozók kiégésprevenciója,  
munkaerőpiacon tartása pandémia  
és posztpandémia idején

Burnout prevention and retention of family  
carers in the labour market during pandemics  
and post-pandemic periods

Kutatótársak  
Co-researchers

Bagyura Márton, Kocsis Judit Ilona, Széman Zsuzsa

Az idősödő társadalmak egyik legnagyobb kihívása az idősellátás biztosítása. Miközben az idősgondozás iránti igény növekszik, a társadalom aktív rétegének szűkülésével a tartós gondozást biztosító ellátórendszerek fenntartása egyre nehezebb. Előtérbe kerül a család mint természetes gondozási erőforrás.

Az elmúlt évtizedek nemzetközi kutatásai bizonyították, hogy az idősgondozás családi felvállalása pozitív hatásai mellett jelentős terhekkel jár, amelyek számos dimenzióban ronthatják a gondozó családtagok (családi gondozók) életminőségét.

Kutatásunk célja a családi gondozók gondozásból fakadó megterheltsége és munkahelyi, professzionális munkavégzése kapcsolatának vizsgálata volt, különös tekintettel a járványhelyzet miatt fellépő új kihívásokra.

Kevert módszert alkalmaztunk négy fázisban:

1. Elsőként online felmérést végeztünk családi gondozók körében (2022). A Facebookon, weboldalakon, levelezőlistákon terjesztett online kérdőív fókusza a gondozói megterhelődés volt, kitérve a munkaerőpiaci nehézségekre, valamint a COVID-19-ből fakadó speciális kihívásokra. A kérdőívet 1760-an töltötték ki.
2. A második fázisban (2022) 20 mélyinterjú készült olyan családi gondozókkal, akik az online kérdőív kitöltése során jelentkeztek a kutatás további fázisaiban való részvételre.

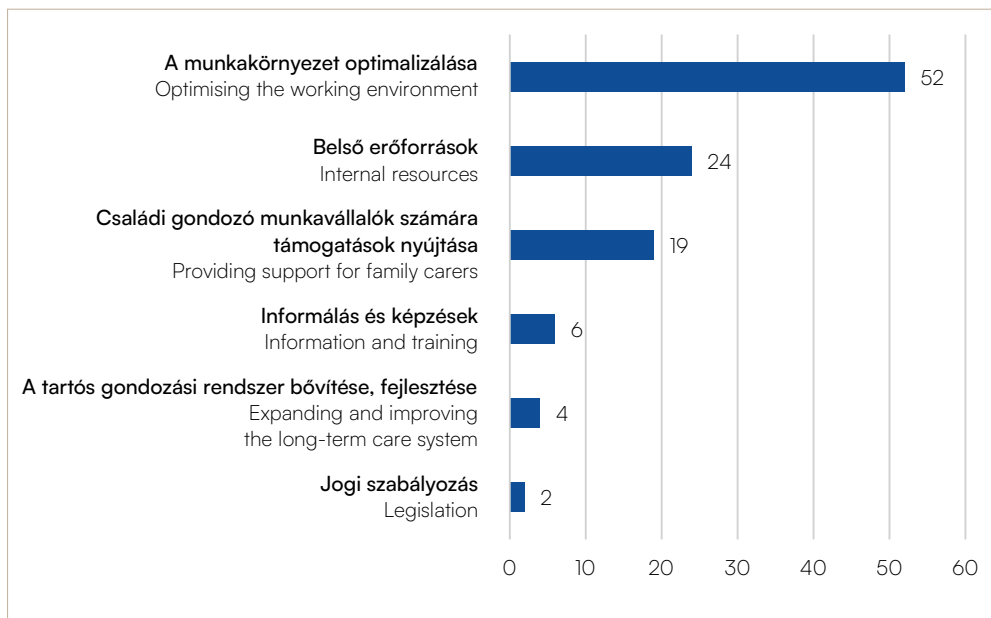
One of the greatest challenges of ageing societies is the provision of care for older people. While the demand for elderly care is growing, the maintenance of long-term care systems is becoming increasingly difficult as the active population of society shrinks. The family is coming to the fore as a natural care resource.

International research over the past decades has shown that, in addition to the positive effects of family caregiving, there are significant burdens that can affect the quality of life of family carers in several dimensions.

Our research aimed to investigate the relationship between caregiver burden and their professional work and workplace, particularly in the context of the new challenges posed by the pandemic situation.

We used a mixed-method design in four phases:

1. First, we conducted an online survey (2022) among family caregivers. The focus of the online questionnaire, distributed on Facebook, websites, and mailing lists, was on caregiver burden, addressing labour market difficulties and specific challenges arising from COVID-19. The questionnaire was completed by 1,760 respondents.
2. In the second phase (2022), twenty in-depth interviews were conducted with family caregivers who had completed the online



1. ábra

A családi gondozókat támogató, meglévő munkahelyi intézkedések kategóriái és az egyes kategóriákhoz tartozó válaszok száma

Forrás: Fókuszcsoporthos interjúk

Figure 1

Categories of existing workplace measures to support family carers and the number of responses for each category

Source: Focus group interviews

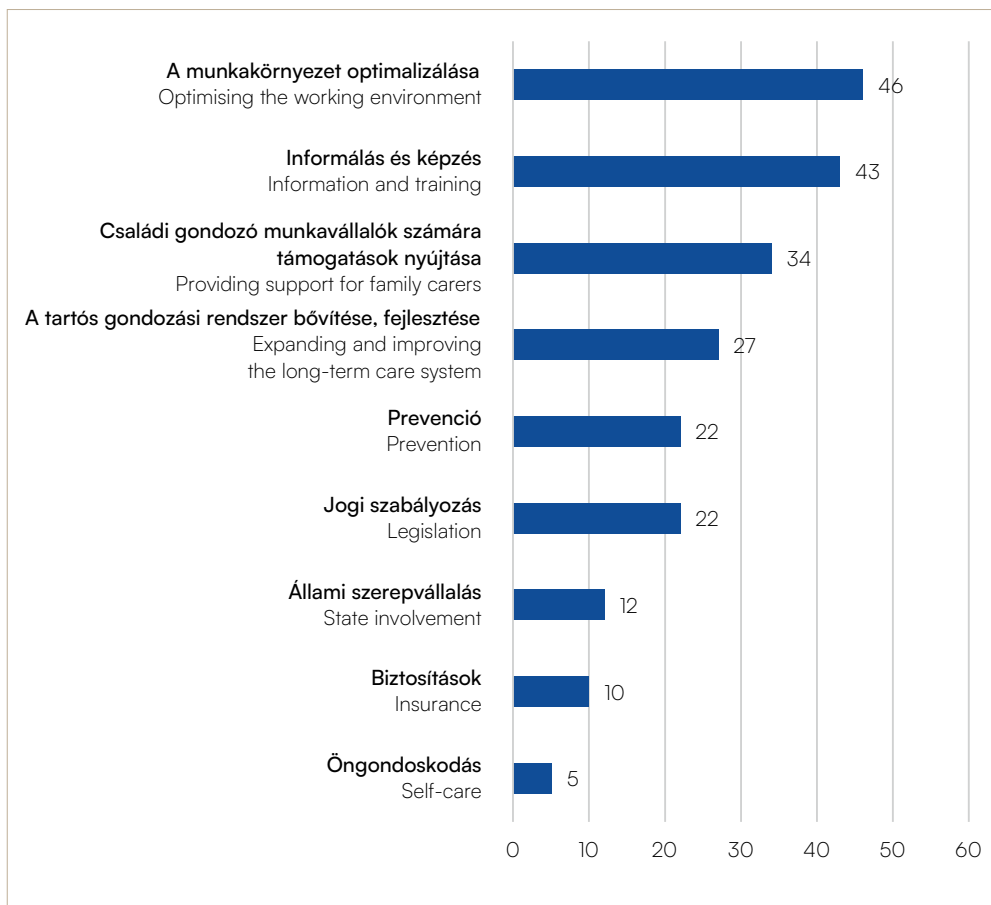
3. A harmadik fázisban (2022–2023) 15 fókuszcsoporthoz interjúvalóult meg munkáltatókkal, összesen 90 résztvevővel. Az interjúk alkalmával a családi gondozók helyzetével kapcsolatos tapasztalatokról és vélekedésekről, a családi gondozók foglalkoztatásának kihívásairól és a családi gondozókkal kapcsolatos megvalósult és lehetséges munkahelyi intézkedésekről kérdeztük a részt vevő munkáltatókat.
4. A negyedik fázisban irodalomkutatást végeztünk: az első szakaszban áttekintettük a szakirodalmat, a második szakaszban jó példákat térképeztünk fel.

Az online kérdőíves felmérés és a mélyinterjúk eredményei szerint a vizsgált mintában a gondozásból fakadó megterheltség mértéke jelentős, a gondozók objektív és szubjektív terhei egyaránt magasak. A megterhelődés negatív hatással van a gondozók testi-lelki jóllétére. A terhek növekedésével párhuzamosan az erőforrásaik csökkennek, ami negatívan befolyásolhatja a kapcsolataik alakulását, és növeli az izolációjuk veszélyét is. A gondozás és a munkavállalás összehangolásának nehézsége nyomán súlyos esetben előfordulhat a munka elvesztése is. Az elemzés megerősítette a munkáltatói támogatás pozitív hatását a megterhelődéssel szemben. A járvány speciális, váratlan kihívásokat hozott, amelyek nemcsak a munkavégzést akadályozták, de a gondozás folyamatát és a gondozói szerep megélését is megnehezítették.

questionnaire and who had volunteered to participate in further phases of the research.

3. Fifteen focus group interviews with employers were conducted in the third phase (2022–2023), with a total of ninety participants. During the interviews, the participating employers were asked about their experiences and perceptions regarding the situation of family caregivers, the challenges of employing them, and the measures implemented or considered in the workplace to support them.
4. In the fourth phase, we conducted desk research: in the first phase, a literature review was carried out; in the second, good examples were mapped out.

The results of the online questionnaire survey and the in-depth interviews show that the caregiving burden in the sample is significant, with both objective and subjective caregiver burden being high. This burden has a negative impact on the physical and mental well-being of caregivers. As burdens increase, resources decrease, which can negatively affect relationships and increase the risk of isolation. The difficulty of reconciling caregiving and working can lead to loss of employment in serious cases. The analysis confirmed the positive impact of employer support in counteracting strain. The pandemic brought specific, unexpected challenges that not only hindered work, but also made the process of caregiving and the experience of carrying out a caregiving role more difficult.



2. ábra

Munkáltatói javaslatok a családi gondozókat támogató intézkedésekre — a javaslatok kategóriái és az egyes kategóriákhoz tartozó válaszok száma

Forrás: Fókuszcsoporthoz tartozó interjúk

Figure 2

Employers' suggestions for measures to support family carers - Categories of suggestions and number of responses for each category

Source: Focus group interviews

Bár a járványhelyzet súlyosbította a gondozási terheket, az interjúkban a munkavégzés és a gondozás összehangolásában pozitív következménye is megjelent a gyakoribb otthoni munkavégzésnek köszönhetően. A kutatás során számos egyéb, járványhelyzettel összefüggő rizikófaktort azonosítottunk, melyek fő kategóriái: korlátozóssal összefüggő nehézségek, ellátási nehézségek, a mentális és pszichés megterhelődés növekedése, az objektív gondozási terhek növekedése, az erőforrások további csökkenése.

A fókuszcsoporthoz tartozó interjúkon elhangzott, családi gondozókat támogató, már létező és javasolt munkahelyi intézkedésekkel kapcsolatos válaszok fő kategóriáit szemlélteti az 1–2. ábra – mindkét csoportban a munkakörnyezet optimalizálása a leghangsúlyosabb.

Kutatásunk eredményei igazolták, hogy a családi gondozók sérülékeny csoport, a gondozók életminőségét, testi-lelki jóllétét a gondozási folyamat felvállalása számos dimenzióban veszélyeztetheti. A gondozásból fakadó megterhelődés nemcsak mikro-, hanem mezo- és makroszinten is súlyos következményekkel járhat: például negatívan befolyásolhatja a munkavégzést, akár a munkahely elvesztéséhez is vezethet. Súlyos esetben a gondozást felvállalók kimerülése az egészségügyi és szociális ellátórendszerek további terhelődését vonhatja maga után.

Although the pandemic situation exacerbated caregiving burdens, the interviews also showed positive consequences in terms of balancing work and caregiving due to more frequent work at home. Several other risk factors associated with the pandemic situation were identified in the research, the main categories being: difficulties associated with restrictions, difficulties in providing care, increased mental and psychological burdens, increased objective caregiving burdens, and a further reduction in resources.

The main categories of responses to the focus group interviews on existing and proposed workplace measures to support family carers are illustrated in the diagrams (*Figures 1 and 2*), with optimisation of the working environment being the most prominent in both groups.

The results of our research showed that family carers are a vulnerable group, and that their quality of life and physical and mental well-being can be compromised in several dimensions by taking on the caregiving process. The burden of caregiving can have serious consequences not only at the micro level but also at the meso and macro levels: for example, it can negatively affect work performance and even lead to loss of employment. In severe cases, the exhaustion carers undergo can place further strain on health and social care systems.



1. kép

*Leleszi-Tróbert Anett Mária és Bagyura Márton az „EGen: The 3rd European Conference on Ageing & Gerontology” konferencián, Londonban 2023-ban*

Picture 1

*Anett Mária Leleszi-Tróbert and Márton Bagyura at EGen: The 3rd European Conference on Aging & Gerontology, London, 2023*



2. kép

*Leleszi-Tróbert Anett Mária, Bagyura Márton és Kocsis Judit Ilona az MSZT vándorgyűlésén 2023-ban*

Picture 2

*Anett Mária Leleszi-Tróbert, Márton Bagyura and Judit Ilona Kocsis at the Annual Conference of the Hungarian Sociological Association, 2023*



A kutatás társadalmi hasznosíthatósága jelentős, eredményeink hozzájárulnak a családi gondozók szükségleteinek, igényeinek mélyebb megismeréséhez, ezáltal a prevenció és munkaerőpiaci védelmet előmozdító intézkedések kidolgozásához, valamint a járványhelyzet tanulságainak gyakorlati alkalmazásához.

The social utility of the research is significant, as our results contribute to a deeper understanding of the needs and requirements of family carers, and thus to the development of measures to promote prevention and labour market protection, as well as to the practical application of the lessons learned from the pandemic.



**TAUSZ KATALIN**

Eötvös Loránd Tudományegyetem  
Eötvös Loránd University

**Társadalmi innovációk a fogyatékkal élő személyeket támogató formális és informális szektorok ökoszisztémájában a COVID-19-világjárvány idején**

**Social innovations in the ecosystem of formal and informal sectors supporting people with disabilities during the COVID-19 pandemic**

Kutatótársak  
Co-researchers

Bányai Borbála, Csabai Lucia, Kondor Zsuzsa, Menich Nóra

A COVID-19-pandémia rendkívüli, korábban nem tapasztalt nehézségekkel szembesítette az egyéneket, a családokat és a szolgáltatási rendszer egészét. Azt feltételeztük, hogy ezek a nehézségek nem csupán személyes tragédiákat, a családok életének felborulását, a szolgáltató rendszer működésének akadályozottságát, olykor működésképtelenségét eredményezték, hanem újszerű megoldásokat is kikényszerítettek. A kutatás célja annak feltárása volt, hogy milyen módon reagált a formális és informális szociális védelmi rendszer erre a helyzetre, milyen kényszerű új megoldások születtek, ezeket meg kívánják-e a szereplők őrizni — és egyáltalán fenntarthatók-e. A kutatás célcsoportjának a fogyatékossgal élő személyeket választottuk.

A kutatás erőssége a komplex módszertanban rejlett: a legtávolabbi, adminisztratív adatok szintjétől a szakemberek visszaemlékezésein át egészen az érintettek és családjaik megélt tapasztalataiig követtük a szolgáltatások működését és a potenciális innovációk útját. Az ökológiai megközelítés alkalmazása beváltotta a hozzá fűzött reményeket, és sokkal árnyaltabb képet adott a problémáról, mint ha csak egyetlen kutatási módszert alkalmaztunk volna.

A kutatás terepül két falut választottunk Magyarországon egyik legszegényebb megyéjében, az egyik kis lélekszámú és kevesebb helyi telephelyű közszolgáltatással rendelkezik, a másik magasabb lakosság számú, és minden alapvető szolgáltatást helyben biztosít. Ezek a különbségek visszaköszönnek a két településnek a pandémiás helyzetre adott eltérő válaszaiban is.

The COVID-19 pandemic has confronted individuals, families and the service system with extraordinary and unprecedented difficulties. The assumption was that these difficulties not only resulted in personal tragedies, disruption of families' lives, and the service system's inability to function, but also necessitated new, innovative solutions. The research aimed to explore how formal and informal social protection systems have responded to this situation, what new solutions have been created out of necessity, whether they are intended to be preserved — and whether they are sustainable. People with disabilities were chosen as the target group for the research.

The strength of the research is its complex methodology: from the most remote level of administrative data, through the observations of professionals, to the lived experiences of people and their families, we followed the functioning of services and the pathways of potential innovations. The use of an ecological approach fulfilled expectations and provided a much more nuanced picture of the problem than if we had used a single research method.

Two villages in one of Hungary's poorest counties were chosen as the research sites, one with a small population and fewer local public services, the other with a larger population and all basic services provided locally. These differences are reflected in the different responses of the two villages to the pandemic situation.

A két település példáján azt találtuk, hogy a szolgáltatások legalább részben működtek, bár eltérő formában. Azzal szembesültünk, hogy a szolgáltatást igénybe vevők és a szakemberek időnként különböző valóságokban élnek. A szakértői interjúk alapján több, a világvárvány során alkalmazott innovatív megoldást azonosítottunk, ezek azonban csak gyengén tükröződnek a lakosok véleményében. Nem csupán a két település eltérő adottságait, hanem a lakosság eltérő szocioökonómiai helyzetét is jól tükrözik a hiányzó szolgáltatásokkal kapcsolatban megfogalmazott vélemények, hiszen az adaptív preferencia elméletének megfelelően a vágyakat, álmokat erősen meghatározzák a jelenben meglévő lehetőségek.

124

A kutatás során adaptáltunk egy korábban teljes terjedelmében Magyarországon még nem használt kérdőívet az ENSZ Washington Group munkacsoportjától, hogy az akadályozott személyek létszámáról és arányáról minél pontosabb információink legyenek. Ennek eredményei hozzájárulhatnak a célcsoportra és a fogyatékos személyekhez hasonlóan nehezen elérhető társadalmi csoportokra irányuló mérések javításához, ezen keresztül a társadalmi kiadások megfelelő célzásához. A kutatás fontos tanulsága, hogy az emberek számos, egymást felerősítő, interszekcionális hátránnyal szembesülhetnek, amelyekre a szakpolitikai döntéshozóknak — különösen olyan válsághelyzetekben, mint a koronavírus-járvány — együttesen, az emberi sokszínűség figyelembevételével érdemes reagálniuk.

We found that the services were fully or partially functioning, although in different forms. We found that service users and professionals sometimes live in different realities. Based on the expert interviews, we identified some innovative solutions used during the pandemic, but these were only weakly reflected in the residents' perceptions. Not only the different characteristics of the two villages, but also the different socio-economic situations of the population are reflected in the opinions expressed about the missing services, since, according to the theory of adaptive preferences, desires and dreams are strongly determined by the opportunities that exist in the present.

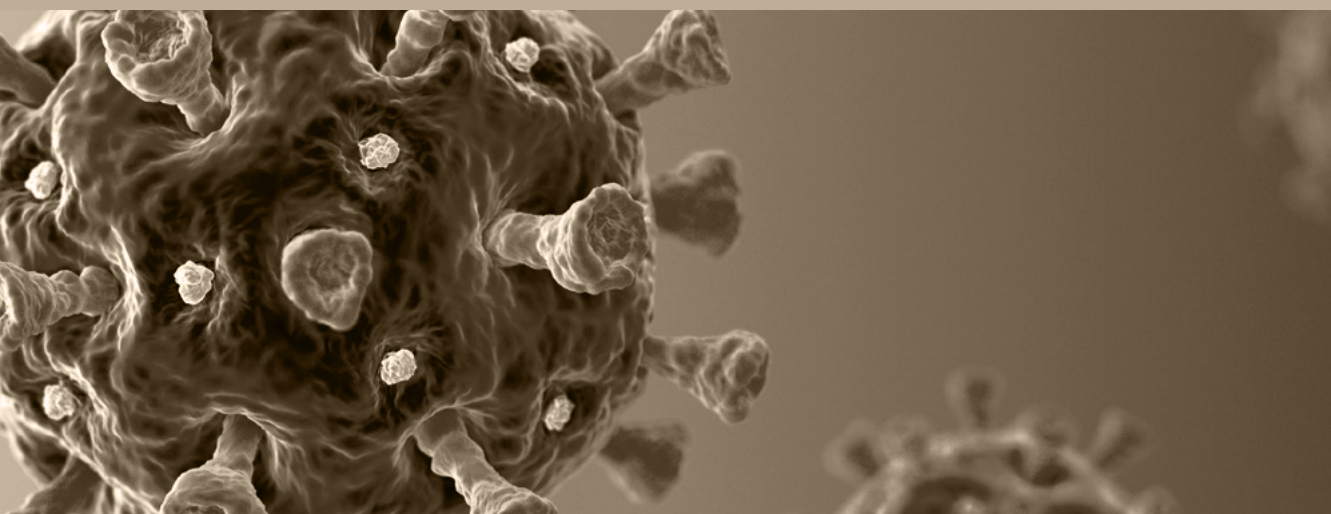
In the course of the research, we adapted a questionnaire from the UN Washington Group on Disability Statistics, which had not been used in its entirety in Hungary before, to have the most accurate information on the number and proportion of people with disabilities. Our results could contribute to improving the measurement of the target group and the targeting of other social groups that are difficult to reach, thus targeting social expenditure appropriately. An important lesson from the research is that people can face many mutually reinforcing, intersectional disadvantages, which policymakers should respond to collectively, considering human diversity, especially in crises such as the coronavirus pandemic.



# COVID-19

## PANDEMIC

NSE: Loaded TBS scripts for scans  
NSE: Script Pre-scanning.  
Initiating NSE at 11:46  
Completed NSE at 11:46, 10.27s  
elapsed  
Initiating NSE at 11:46





**Közgazdaság-tudomány**  
**Economics**



## HALMAI PÉTER

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Budapest University of Technology and Economics

Elkerülhető-e a korszakos stagnálás  
a poszt-COVID-időszakban?

Can secular stagnation be avoided  
in the post-COVID era?

Kutatótársak  
Co-researchers

Bethlendi András, Elekes Andrea, Uzonyi Györgyné, Vásáry Miklós



A kutatás a nemzetközi gazdaság válságokkal terhelt legutóbbi időszakának fő irányzatait fogta át, a gazdasági növekedés témakörére összpontosítva. A COVID-krízis, majd poszt-COVID-szakasz, a geopolitikai és további poszt-COVID-sokkokra tekintettel a polikrízis időszaka ránehezedik a növekedési potenciálra. Ismét időszerűvé vált a korszakos stagnálás hipotézise.

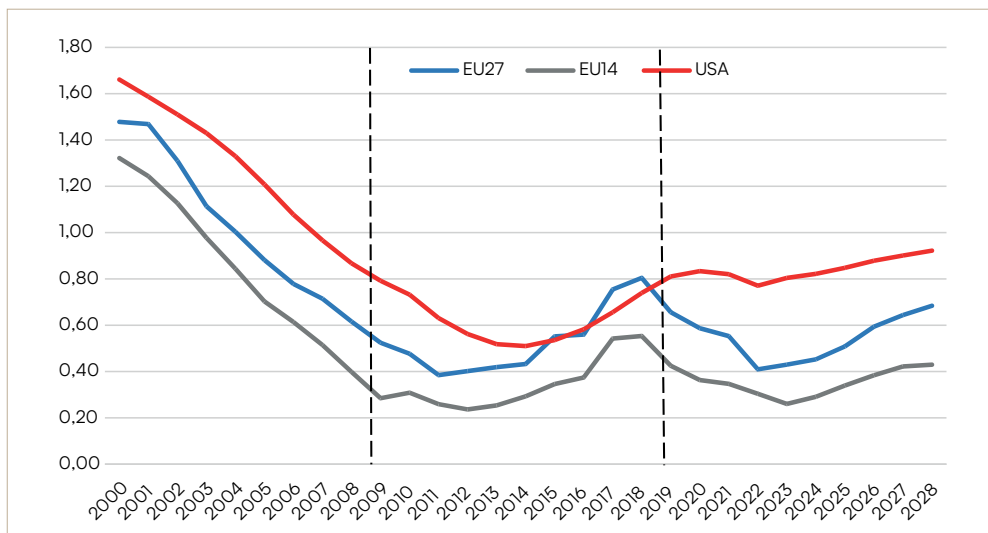
A kutatás során kiemelt figyelem irányult a krízisek, az azok alapját képező sokkok hatásmechanizmusai, a strukturális és makroökonómiai hatások feltárására. E vizsgálódás egyik alapvető iránya volt a COVID-időszakban a járvány hatásainak korlátozása, majd a kilábalás előmozdítása érdekében hozott gazdaságpolitikai intézkedések hatásainak rendszerezése, az ország- és országcsoport-specifikus eltérések azonosítása az EU-tagállamok között. A másik alapvető dimenziót a COVID-19 és a polikrízis közvetlen növekedési hatásai, a közép- és hosszabb távú növekedési kilátások feltárása képezte az EU-ban és az Egyesült Államokban. A fenti, döntően empirikus kutatások bázisán történt meg a korszakos stagnálás elméletének átfogó rendszerezése és alkalmazása a poszt-COVID-időszakra. Végül mindezekre alapozva nyílt lehetőség a növekedéstámogató gazdaságpolitika súlyponti területeinek és lehetséges eszközeinek bemutatására a polikrízis időszakában az Európai Unióban, illetve a tagállamokban.

A korszakos stagnálás lehetőségét tekintve a strukturális változásokon alapuló kínálati oldali tényezők lehetnek meghatározók. A több éve tartó lassulás és az alacsonyabb reálkama-

Our research examined the main trends in the recent period of the international economy, which were burdened with crises, with a focus on the topic of economic growth. With the COVID crisis, followed by the post-COVID phase, and considering geopolitical and further post-COVID shocks, a period of polycrisis is weighing heavily on growth potential: the hypothesis of secular stagnation has once again become relevant.

During the research, special attention was given to uncovering the effects of the crisis and the mechanisms behind the shocks, as well as the structural and macroeconomic impacts. A key focus of this investigation was to systematise the effects of the economic policy measures taken during the COVID period to limit the pandemic's impacts and promote recovery and to identify country- and country-group-specific differences among European Union member states. The other key dimension was to explore the direct growth impacts of COVID-19 and the polycrisis, as well as the medium- and long-term growth prospects in the EU and the United States. Based on these largely empirical studies, the theory of secular stagnation was comprehensively systematised and applied to the post-COVID period. This allowed for a presentation of the key areas and possible tools of growth-supportive economic policy during the period of polycrisis within the EU and its member states.

Regarding the possibility of secular stagnation, supply-side factors based on structural changes may be key determinants. The prolonged slowdown



1. ábra

A teljes tényezőtermelékenység (TFP) alakulása az Európai Unióban és az Egyesült Államokban

Megjegyzés: EU27 — jelenlegi EU-tagállamok; EU14 — EU27-ből a 2004 előtti tagállamok

Figure 1

Total Factor Productivity (TFP) in the European Union and the United States

Note: EU27 — current EU member states; EU14 — EU27 member states from before 2004

tok a növekedési potenciál erózióját tükrözik. Ezért önmagában csak korlátozott értelme lehet a keresletélénkítő gazdaságpolitikának: az alacsony növekedési potenciál behatárolja a lehetőségeit. A strukturális változásokon alapuló kínálati oldali tényezők körébe elsősorban a technológiai fejlődés, illetve a termelékenység növekedésének kilátásai, a demográfiai folyamatok, az idősödés tartoznak. (Ugyanakkor hasonló hatásokkal járhat a magas államadósság-állomány kialakulása vagy akár a növekvő egyenlőtlenségek is.)

Mindezek nyomán a korszakos stagnálás elmélete szerint az állandósuló depresszió lehet a gazdaság új normálállapota (*new normal*). Ennek lehetőségét tekintve alapvető kérdés, hogy miként alakul a technológiai haladás a vezető gazdaságban (az Egyesült Államokban).

Az IKT, a robotika, a nanotechnológia, a digitális és zöld átmenet, a mesterséges intelligencia lehetőségei alapján a termelékenység növekedésének potenciális lehetőségeit kell aláhúzni a poszt-COVID-időszakban is. Előbbiek eredményeképpen — eltérően a legutóbbi évtizedek teljes tényezőtermelékenység (TFP) irányzataitól (1–2. ábra) — akár szignifikáns TFP-növekedésgyorsulás is lehetséges a következő időszakban. (Ugyanakkor lehetőségei az elvégzett empirikus vizsgálatok szerint az egyes ágazatok között differenciáltak.)

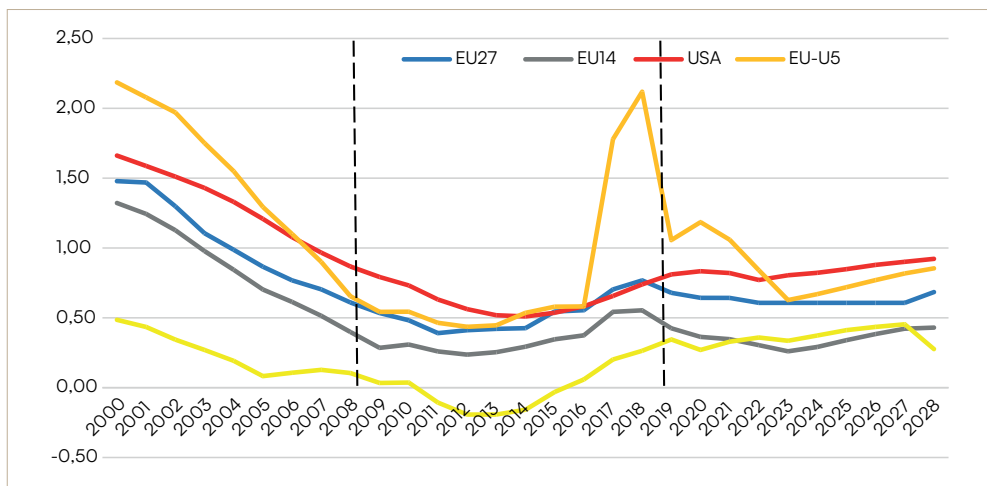
A követő (európai) gazdaságokban a hosszú távú TFP-növekedés a vezető (amerikai) gazdaság TFP-dinamikáján és a vezető gazdasághoz

and lower real interest rates reflect the erosion of growth potential; therefore, growth-stimulating economic policies may have limited meaning on their own: the low growth potential constrains its possibilities. Supply-side factors based on structural changes primarily include the prospects for technological progress and productivity growth, demographic processes and aging. (At the same time, similar effects may also arise from the build-up of high public debt or even rising inequalities.)

All of this suggests, according to the theory of secular stagnation, persistent depression may become the new normal state of the economy. A key question regarding this possibility is how technological progress develops in the leading economy (the United States).

The potential opportunities for productivity growth in the post-COVID period, driven by ICT, robotics, nanotechnology, the digital and green transition, and artificial intelligence, should also be emphasised. As a result — in contrast to the trends in total factor productivity (TFP) over recent decades (*Figures 1 and 2*) — significant acceleration in TFP growth may be possible in the upcoming period. (However, the potential for this is differentiated across sectors based on the empirical studies conducted.)

In follower (European) economies, long-term TFP growth depends on the TFP dynamics of the leading (American) economy and the pace at which reducing the productivity gap relative to the leading economy can



2. ábra

A teljes tényezőtermelékenység (TFP) alakulása az Európai Unióban, az Egyesült Államokban és az EU egyes országcsoportjaiban

Megjegyzés: EU27 – jelenlegi EU-tagállamok; EU14 – EU27-ből a 2004 előtti tagállamok; U5 – AT, DK, FIN, IRL, S; M6 – CY, EL, ES, IT, MT, PT

Figure 2

Total factor productivity (TFP) in the European Union, the United States and various country groups within the EU

Note: EU27, EU14: see Figure 1; U5 – AT, DK, FIN, IRL, S; M6 – CY, EL, ES, IT, MT, PT

képezt fennálló termelékenységi rés csökkentésének lehetséges ütemén alapul. A fokozatos feltételes konvergencia a megfelelő intézmények, makrogazdasági politikák függvényében valósulhat meg. (Ezt jól illusztrálja a 2. ábrán a strukturális reformok terén élenjáró, kisebb, jellemzően euróövezeti tagállamok — U5 — EU27- és EU14-, illetve USA-átlagnál tartósan magasabb TFP-dinamikája. Az ellenkező példát pedig a mediterrán tagállamok — M6 — TFP-növekedésének a kifulladását mutathatja.) Mindez a kínálati oldali reformok, a piactámogató, növekedésbarát politikák jelentőségét és lehetőségeit húzza alá. A korszakos stagnálás tehát valóságos veszély, ám nem elkerülhetetlen szükségszerűség, hanem jelentős részben éppen a nem megfelelő kínálati oldali politikák eredménye lehet. Az elvégzett kutatások hozzájárulhatnak az eredményes strukturális reformok, a növekedéstámogató gazdaságpolitika elméleti megalapozásához és gyakorlati megvalósításához.

A kutatás kitűzött fő céljai megvalósultak. A legfontosabb eltérés a COVID-krisisen túli további sokkok (geopolitikai, poszt-COVID-inflációs, előbbivel is összefüggésben energiaársook, pénzügyi és kereskedelmi fragmentáció, együttesen: „polikrízis”) egyidejű elemzésének igénye volt, amelyre a kutatás keretei között ugyancsak sor került.

be reduced. Gradual conditional convergence can be achieved depending on appropriate institutions and macroeconomic policies. (This is clearly illustrated by the persistently higher TFP dynamics of smaller, typically eurozone member states (U5), relative to the averages of the EU27, EU14 and United States, as shown in *Figure 2*. The opposite example can be seen in the exhaustion of TFP growth in M6, the Mediterranean member states.) All this underscores the significance and potential of supply-side reforms and market-supporting, growth-friendly policies. Secular stagnation is thus a real danger, but it is not an inevitability, and may be to a large extent the result of inadequate supply-side policies. The research conducted may contribute to the theoretical foundation and practical implementation of successful structural reforms and growth-supporting economic policies.

The main objectives of the research were achieved. The most significant deviation was the need for simultaneous analysis of additional shocks beyond the COVID crisis — namely geopolitical, post-COVID inflation-related, and energy price shocks, as well as financial and trade fragmentation — collectively referred to as the polycrisis, which was also addressed within the research framework.



## JÁKI ERIKA

Budapesti Corvinus Egyetem /  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Corvinus University of Budapest /  
Budapest University of Economics and Business

### A gazdasági világválság és a COVID-19-időszak gazdaságélénkítő és hitelprogramjainak hatásvizsgálata – Tanulságok és javaslatok

Impact assessment of the economic recovery and  
credit programmes during the global economic  
crisis and COVID-19 – lessons learned and  
recommendations

Kutatótársak  
Co-researchers

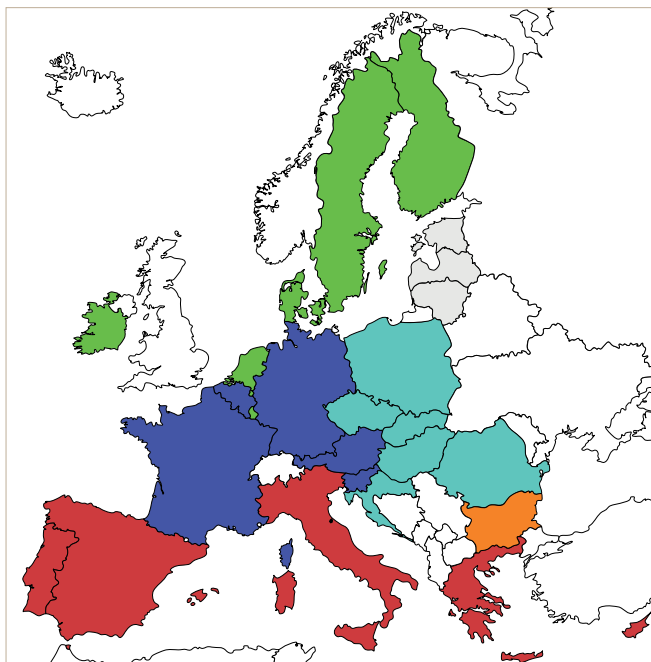
Kádár Béla, Cesario Mateus

Kutatásunkban az EU27 kormányai által a COVID-19-járvány idején alkalmazott válságkezelési stratégiákat elemeztük, kiemelt figyelmet fordítva Magyarországra. Kvantitatív módszereket, köztük a Ward-módszert, K-Meanst és TwoStep klaszterezést alkalmaztunk, hogy pénzügyi és gazdasági mutatók alapján homogén országsoportokat azonosítsunk, lehetővé téve a szektorközi és országok közötti megbízható összehasonlítást. Az Our World in Data makrogazdasági adatai, az ORBIS pénzügyi információi és az állami támogatásokról szóló nyilvántartások integrálásával átfogó képet kaptunk a válságkezelési intézkedések hatásairól. Az összesített és mediánalapú értékelések ötvözése tovább növelte eredményeink megbízhatóságát.

Többdimenziós elemzést végeztünk a COVID-19-cel kapcsolatos felkészültségről, hatásokról és gazdasági támogatási intézkedésekről, megvizsgálva az EU27 országainak válaszait. A tanulmány hat országklasztert azonosít négy dimenzió mentén, lefedve a 2020–2021-es időszakot, hogy feltárja a COVID-19 hosszú távú hatásait (1. ábra). Kiemeli a földrajzi és intézményi mintázatokat: a balti államok, a mediterrán országok és a visegrádi négyek klasztereket alkotnak, míg Bulgária önálló kategóriát képez. Az EU állami támogatásokra vonatkozó ideiglenes keretének elemzésével a tanulmány feltárta az országok közötti különbségeket a felkészültség, a válaszstratégiák és a gazdasági támogatások ötvözetében. Az eredmények rávilágítanak arra, hogyan alakultak ezek a tényezők az EU27-ben,

Our research analysed the crisis management strategies adopted by EU27 governments during COVID-19, with a focus on Hungary. We employed quantitative methods, including Ward's method, K-Means and Two-Step clustering to identify homogeneous groups based on financial and economic indicators, enabling robust cross-country and sectoral comparisons. By integrating macroeconomic data from Our World in Data, financial data from ORBIS and state aid records, we ensured comprehensive insights. Combining aggregated and median-based evaluations further strengthened the reliability of our findings.

We conducted a multidimensional analysis of COVID-19 preparedness, impact and economic support measures, examining the responses of EU27 countries. The study identified six country clusters across four dimensions, covering 2020-2021, to capture the long-term effects of COVID-19. (Figure 1) It highlights geographical and institutional patterns, with Baltic States, Mediterranean countries, and the Visegrád Four group forming clusters, with Bulgaria in an independent category. By analysing the EU's Temporary Framework on State Aid, the study revealed differences between countries in their levels of preparedness, response strategies and economic support. The results shed light on how these factors evolved across the EU27, providing insights into both the initial crisis management and post-pandemic economic recovery.



1. ábra

Az EU27 földrajzi csoportosítása hierarchikus klaszterezéssel

Figure 1

EU27 geographical grouping using hierarchical clustering



betekintést nyújtva mind a kezdeti válságkezelésbe, mind a világjárvány utáni gazdasági helyreállításba.

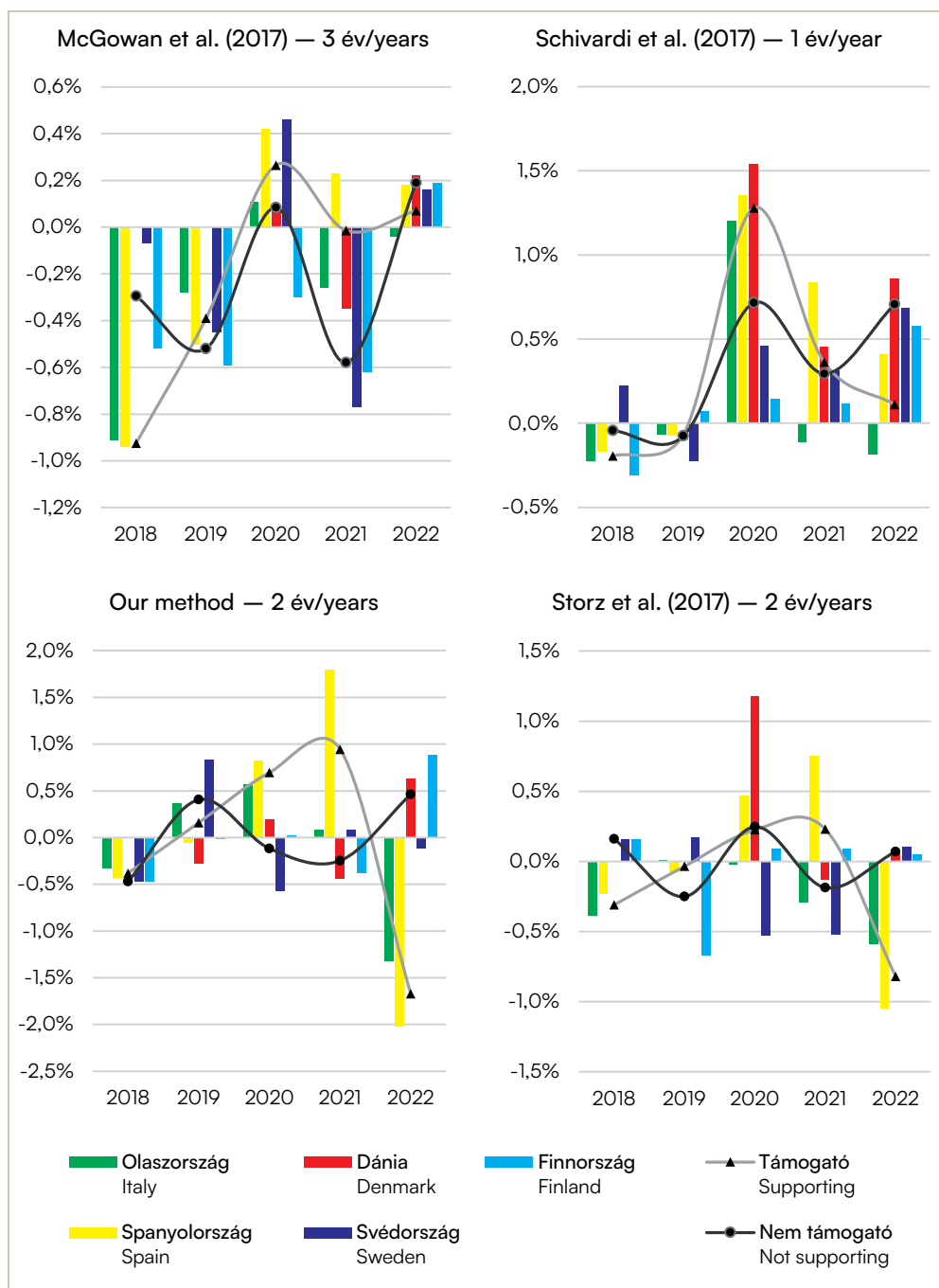
Ezután felmértük a zombicégek számának változását az EU-ban a COVID-19 idején, megvizsgálva a pénzügyi támogatási intézkedések és a zombicégek közötti kapcsolatot a gyártási iparágban. Egy új, négy megközelítést ötvöző módszerrel követtük nyomon a zombicégek változásának trendjeit 2016 és 2022 között. A tanulmányban összehasonlítottuk a magas és alacsony támogatást alkalmazó országokat. Az eredmények azt mutatják, hogy a kiterjedt támogatást bevezető országokban a zombicégek aránya 2020-ban kissé emelkedett, de 2022-re a támogatások megszűnésével csökkent. Ezzel szemben a minimális támogatottsággal rendelkező országokban stabil vagy csökkenő arányt figyeltünk meg. Ez azt sugallja, hogy a hitelintézkedések korlátozott hatással voltak a zombicégek arányára, ami arra utal, hogy a támogatások igénylésének kritériumai megfelelőek voltak (2. ábra).

Végül ágazati és regionális elemzést végeztünk a COVID-19 alatti magyar turisztikai szálláshely-szolgáltatás és vendéglátás (TEÁOR 55 és 56) tevékenységet végző cégeken. A 2016 és 2022 közötti pénzügyi adatokat elemezve megvizsgáltuk a bevételek változásait, az EBIT-trendeket és az állóeszköz-beruházásokat. A legérdekesebb eredményünk és módszerünk az „immunis cégek” azonosítása volt — olyan turisztikai vállalkozásoké, amelyek a válság ellenére 2024-ben is aktívak maradtak. A megszűnések földrajzi feltérképezése a reziliencia

We then assessed zombie firm dynamics in the EU during COVID-19, examining the link between financial support measures and zombie firms in manufacturing. Using a novel method combining four approaches, we tracked trends from 2016 to 2022. The study compared countries with high and low credit support levels. Findings revealed that in countries with extensive support, the share of zombie firms rose slightly in 2020, but fell by 2022 as subsidies ended. In contrast, countries with minimal support saw stable or declining rates. This suggests credit measures had limited impact on zombie firm prevalence, indicating that the criteria for applying for aid were appropriate. (Figure 2)

Finally, we conducted a sectoral and regional analysis of Hungarian tourism firms during the COVID-19 pandemic, with a focus on the accommodation and hospitality sectors (NACE 55 and 56). In analysing financial data from 2016 to 2022, we examined revenue changes, EBIT trends and fixed asset investments. A key finding was the identification of “immune firms” — tourism businesses that remained active in 2024 despite the crisis: the mapping of their regional distribution revealed resilience patterns, with the Balaton region showing the lowest closure rates and Budapest the highest, described as the “Balaton effect”.

Overall, our research provides a holistic understanding of COVID-19’s economic impact, revealing key trends in preparedness, financial support measures, zombie firm dynamics and sector-specific resilience. (Figure 3) The research informs policymakers by



2. ábra

A négy különböző módszerrel mért zombicégek arányának változása

Forrás: Saját szerkesztés az ORBIS adatai alapján

Figure 2

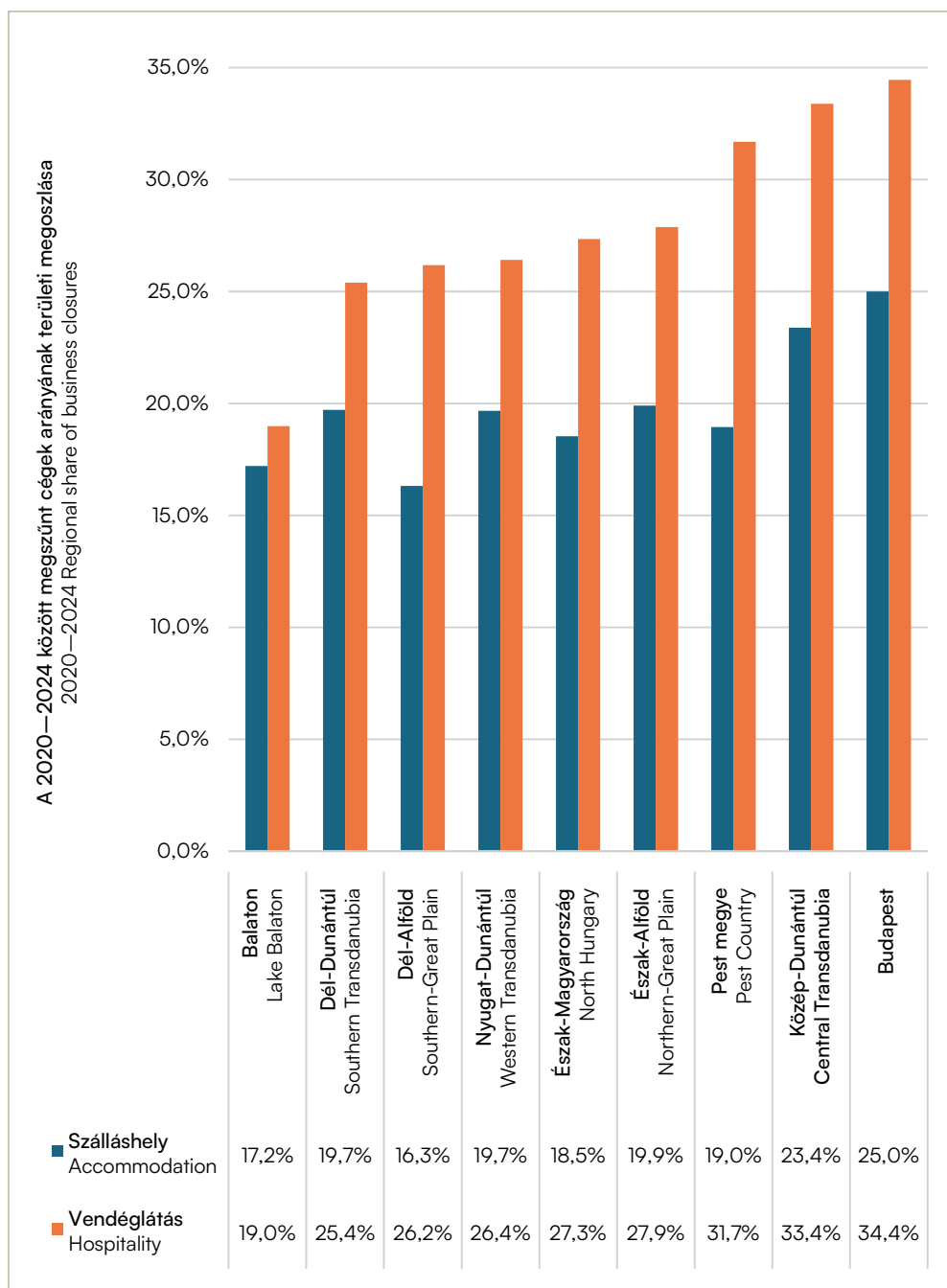
Change in the proportion of zombie firms measured by the four different methods

Source: Author's edit based on ORBIS data

mintáit tárta fel (3. ábra). A Balaton régióban volt a legalacsonyabb a cégek bezárási aránya, míg Budapesten a legmagasabb, amit „Balaton-hatás-ként” írtunk le.

Kutatásunk átfogó képet ad a COVID-19 gazdasági hatásairól, feltárva a felkészültség, a pénzügyi támogatási intézkedések, a zombicégek dinamikája és az ágazatspecifikus reziliencia kulcsfontosságú trendjeit. Hasznos információkkal szolgál továbbá a döntéshozóknak, mivel értékeli a válságkezelési stratégiákat, és rávilágít a pandémia alatt hozott beavatkozások hosszú távú gazdasági következményeire.

evaluating crisis management strategies and shedding light on the long-term economic consequences of pandemic interventions.



3. ábra

A 2020 és 2024 között megszűnt vállalkozások területi megoszlása

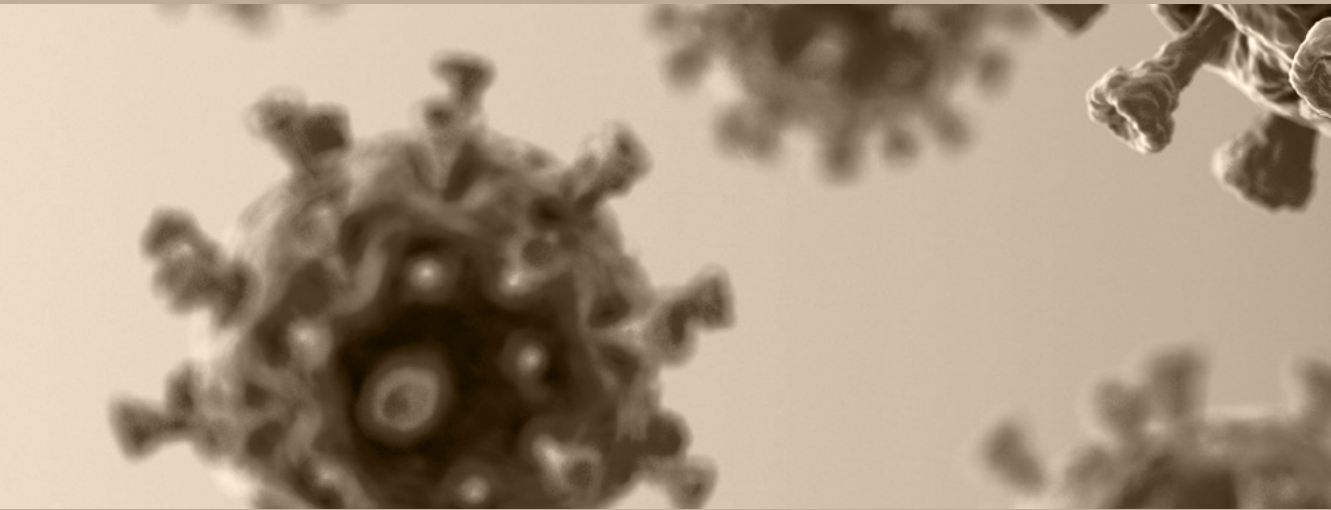
Forrás: Saját munka az ORBIS adatbázis alapján

Figure 3

Regional share of business closures between 2020 and 2024

Source: Author's work based on ORBIS database







**Állam- és jogtudomány**  
Law and State Science



## GÁRDOS-OROSZ FRUZZSINA

HUN-REN Társadalomtudományi Kutatóközpont  
HUN-REN Centre for Social Sciences

**A jogrendszer reagálóképessége a poszt-COVID-társadalomban: kockázatok és lehetőségek**

**The responsiveness of the legal system in a post-COVID society: risks and opportunities**

Kutatótársak  
Co-researchers

Bán-Forgács Nóra, Lőrincz Viktor, Mezei Kitti,  
Szente Zoltán, Szentgáli-Tóth Boldizsár



A projekt eredménye, hogy a különleges helyzetben is megfogalmazza azokat a jogrendszer elméleti, dogmatikai és gyakorlati működéséből kiolvasható előírásokat, amelyek hozzájárulnak a szükséges és arányos válságkezeléshez. A kutatás érdeme, hogy a teljes jogrendszer keresztmetszetét adja, tehát a vizsgálatokat nem szűkíti le egy-egy jogág jogdogmatikai problémafelvetéseire, hanem holisztikus szemléletben igyekszik átfogó ismereteket kínálni, hogy válsághelyzetben is biztosítva legyen az emberi jogok védelme, és elkerülhető legyen az önkényes hatalomgyakorlás. A jogi válaszok nem merülnek ki a közjog egyes kérdéseinek elemzésében, átfogó jelleggel vizsgáltuk a pandémia alkotmányjogi, nemzetközi jogi és EU jogi összefüggéseit is.

A kutatás során a társadalmi hatás erősítésére figyelemmel olyan jogi megoldásokat kerestünk, amelyek lehetőséget adnak a jó gyakorlatok átvételére. Innovatív jogtechnikai megközelítéseket alkalmaztunk, például összehasonlító jogi módszertannal vizsgáltuk a különleges jogrend megjelenését különböző társadalmi-jogi keretrendszerben, és a legjobb gyakorlatokra támaszkodtunk. A projekt e megközelítése azért is fontos a társadalmi hatás szempontjából, mert globális jogi válaszokat tudunk így adni a pandémia kezelése kapcsán akkor is, ha a vizsgálatokat legtöbbször lokális jelenségekre alapozzuk, amelyeket a kutatás során fokozatosan általánosítottunk.

A projekt további eredménye, hogy a COVID-19 jogrendszerre gyakorolt hatását szisztematizálja, általánosít-

The main outcome of the project was to provide standards for extraordinary circumstances that can be deduced from the theoretical, doctrinal and practical functioning of the legal system, which will contribute to necessary and proportionate crisis management in special situations. The merit of our research is that it provided a cross-section of the entire legal system, that is, it did not limit the analysis to the legal-dogmatic problems of a single legal branch, but attempted to offer comprehensive knowledge with a holistic approach in order to ensure the protection of human rights and to avoid the arbitrary exercise of power in crisis situations. The legal findings are not confined to specific questions of public law, but the project comprehensively examined the constitutional, international and EU legal context of the pandemic.

In the course of the research, we looked for legal solutions to enhance social impact by offering best practices. We applied innovative legal technical approaches, such as comparative legal methodology, to examine and comprehend the emergence of special legal orders in different socio-legal frameworks and drew conclusions. This project approach was also important from a societal impact perspective, as it allowed us to provide global legal responses to the pandemic, even if the assessments were mostly based on local phenomena, which were gradually generalised throughout the research.

A further outcome of our project is that it systematised, generalised and abstracted the impact of COVID-19 on



---

1. kép

*A kutatócsoport*

Balról jobbra: Sente Zoltán, Szentgáli-Tóth Boldizsár, Lőrincz Viktor, Gárdos-Orosz Fruzsina, Bán-Forgács Nóra, Mezei Kitti

---

Picture 1

*The research group*

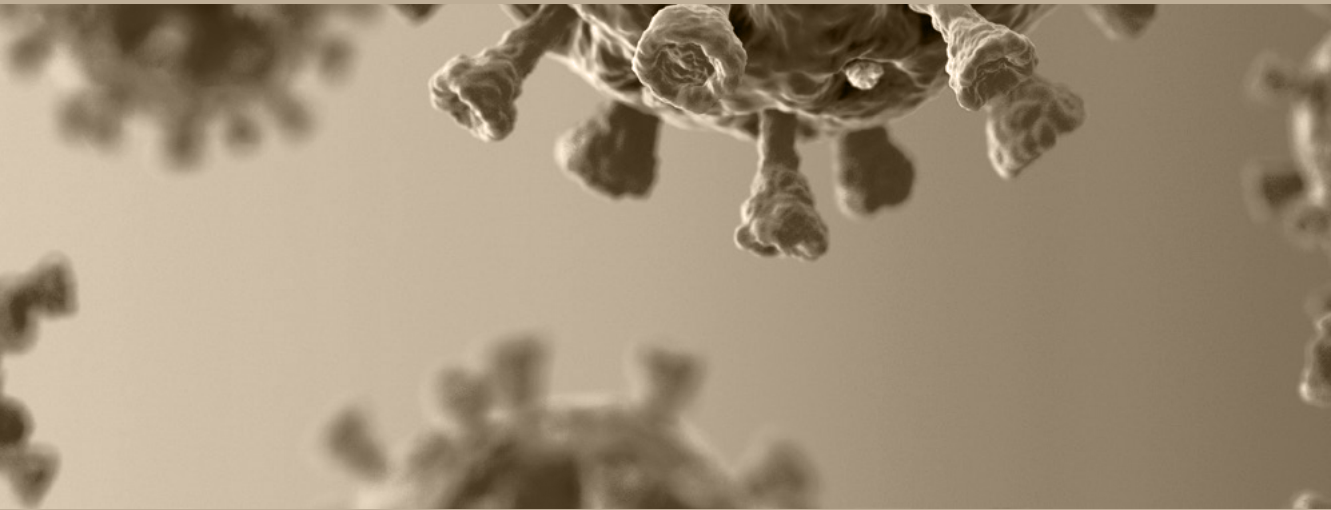
From the left: Zoltán Sente, Boldizsár Szentgáli-Tóth, Viktor Lőrincz, Fruzsina Gárdos-Orosz, Nóra Bán-Forgács, Kitti Mezei

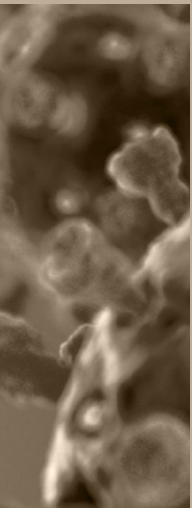
ja és absztrahálja, ezzel biztosítva, hogy a konkrét eredményeken felül általánosságban képes legyen a jogrendszer a rezilienciáját növelni hasonló jövőbeni kihívásokkal szemben. Ez az általánosításra való törekvés vezérfonalként az egész projekt kivitelezését végigkísérte.

A kutatás során a kutatócsoport számos nemzetközi és hazai indexált publikációban mutatta be az eredményeit, többek között egy különszám szerkesztésére kapott lehetőséget a *European Journal of Risk Regulation* című Q1 folyóiratban, amely megjelenés alatt áll. Emellett *Poszt-COVID. A COVID-19 hatásai a jogrendszerre* címmel az Akadémiai Kiadónál megjelent a kutatás zárókötetete, illetve *The Resilience of the Hungarian Legal System since 2010. A Failed Resilience?* címmel a Springer kiadónál angol nyelven tettük közzé a kutatás eredményeit. A publikációkon túl a kutatás egyik jelentős eredménye, hogy a részeredmények, majd a végső megállapítások disszeminációja során számos nemzetközi együttműködést megalapozott a projekt: például közös kutatásban vettünk részt a finnországi Tamperei Egyetem rangos kutatóival, az együttműködés keretében 2024 őszén az eredmények disszeminációjára közös konferenciát szerveztünk. De a fokozott együttműködést bizonyítja, hogy kiváló szakemberekkel adhattunk elő a madridi világkonferencián az ICON-S szervezésében, és hasonlóan sikeres volt a projekt tavaszi zárókonferenciája. Ezért célunk szerint a projekt túlmutat a pályázatban kijelölt időbeli kereteken.

the legal system, ensuring that, in addition to the specific results, the legal system in general is able to increase its resilience in the face of similar future challenges. This pursuit of generalisation was a guiding principle throughout the implementation of the project.

Throughout the research, the team presented its findings in a number of national and international indexed publications, including a special issue of the *European Journal of Risk Regulation* (Q1), which will be released in 2025. In addition, the final volume of the research, *The impact of COVID-19 on the legal system: post-COVID*, was published by Akadémiai Kiadó, and the outcome of the research was also published in English in an edited book by Springer titled *The Resilience of the Hungarian Legal System since 2010. A Failed Resilience?* In addition to the publications, one of the major achievements of the research is that the dissemination of the partial results and the final findings led to a number of international collaborations: for example, we participated in a joint research project with prestigious researchers from the University of Tampere, Finland; this work was further enhanced by a joint conference that we participated in. Also, the strong collaboration was demonstrated by the fact that we were able to present the final results with eminent experts at the ICON-S Annual Conference in Madrid, and the final conference of the project in Budapest last year was equally successful. We therefore aim for the post-COVID project to extend well beyond the timeframe set out in the grant call for proposals.





**Politikatudomány**  
Political Science



**MIKECZ DÁNIEL**

HUN-REN Társadalomtudományi Kutatóközpont  
HUN-REN Centre for Social Sciences

**Tudományellenes mozgalmak és attitűdök  
a koronavírus-járvány alatt**

**Anti-scientific movements and attitudes during  
the coronavirus pandemic**

Kutatótárs  
Co-researcher

Gerő Márton

## A kutatás rövid összefoglalása:

- Bizalmatlanság és oltásellenesség: Az oltásellenes attitűdök mögött nemcsak a koronavírussal kapcsolatos összeesküvés-elméletek, hanem a politikai intézményekkel szembeni általános bizalmatlanság áll.
- Asszertív állampolgárság: A kutatás célja az volt, hogy megvizsgálja az asszertív politikai kultúra és az oltásellenesség kapcsolatát. Az asszertív állampolgárok bizalmatlanok a politikai elittel szemben, és inkább alternatív módokon vesznek részt a politikában.
- A politikai részvétel hiánya: Az oltásellenes attitűdök nem támogatják a politikai részvételt, beleértve a tüntetéseket, és inkább a politikától való távolmaradást segítik elő.
- Normák be nem tartása: Az oltásellenes attitűdök pozitív kapcsolatban állnak a normák be nem tartásával, például az adócsalás vagy a korrupció elfogadásával, ami növeli a párt- és tüntetési részvétel esélyét.
- A politikai kultúra magyar kontextusa: A magyar politikai kultúra eltér az eredeti asszertív és allegiant modelltől, mivel a hagyományos hierarchiák elutasítása mellett az oltásellenesek populista attitűdöket és bizalmatlanságot mutatnak a politikai intézményekkel szemben.

## Summary of the research:

- Anti-vaccination attitudes are driven not only by COVID-19 conspiracy theories but also by a general distrust in political institutions.
- The aim of the research was to examine the relationship between assertive political culture and anti-vaccination attitudes. Assertive citizens distrust the political elite and tend to engage in politics through alternative means.
- Anti-vaccination attitudes do not promote political participation, including protests, and instead encourage disengagement from politics.
- Anti-vaccination attitudes are positively related to non-compliance with norms, such as the acceptance of tax evasion or corruption, which increases the likelihood of participation in party and protest activities.
- Hungary's political culture diverges from the original assertive and allegiant model, as anti-vaxxers display populist attitudes and distrust toward political institutions, in addition to rejecting traditional hierarchies.

A 2020 és 2022 közötti koronavírus-járvány miatt bevezetett kötelező oltási és lezárási intézkedések széles körű társadalmi ellenállásba ütköztek, és számos országban tüntetésekhez vezettek. Noha az egyes mozgalmak különböző állításokat fogalmaztak meg az oltások és lezárások elutasításával kapcsolatban, egy általánosabb bizalmatlanság a politikai intézményekkel szemben világosan megjelent. Az oltásellenes attitűdökről szóló kutatások a bizalmatlanságot meghatározó tényezőként azonosítják, amely túlmutat a koronavírussal kapcsolatos összeesküvés-elméletekben való hiten. E bizalmatlanság egy része azonban összekapcsolódik egy újfajta állampolgári kultúrával, amelyet Russel Dalton és Christian Welzel az „aszszertív állampolgár” fogalmával írnak le, aki a politikai intézményekkel szemben bizalmatlan, és inkább alternatív módokon képviseli az érdekeit. Jelen kutatás célja annak vizsgálata, hogy ez az asszertív állampolgári kultúra milyen szerepet játszik az oltásellenes attitűdökben, és hogy része-e ez az állampolgári magatartás szélesebb társadalmi és politikai tendenciáknak.

A kutatás során két hipotézist állítottunk fel és vizsgáltunk meg. Az asszertív állampolgárság és az oltásellenes attitűdök közötti kapcsolatot vizsgáló hipotézist egyértelműen elvetettük. Az oltásellenes nézetek inkább negatív összefüggést mutatnak az emberek politikai részvételével, különösen a szabadságjogokkal kapcsolatban. A „szabadság” oltásellenes mozgalmak általi szorgalmazása nem kapcsolódik az alapvető emberi jogok egyetemes értelmezéséhez. Ezen túlmenően az egyenlő lehetőségek elutasítása is

The mandatory vaccination and lockdown measures introduced during the COVID-19 pandemic from 2020 to 2022 faced widespread societal resistance, leading to protests in many countries. Although the movements voiced different objections regarding vaccines and lockdowns, a broader distrust of political institutions became evident. Research on anti-vaccination attitudes identified distrust as a key factor that goes beyond belief in COVID-19 conspiracy theories. Some of this distrust is linked to a new kind of civic culture described by Dalton and Welzel (2014) as “assertive citizens”, who distrust political institutions and prefer to represent their interests through alternative means. This research aims to explore the role of this assertive civic culture in shaping anti-vaccination attitudes and whether this civic behaviour is part of broader social and political trends.

The study tested and examined two hypotheses. The hypothesis investigating the relationship between assertive citizenship and anti-vaccination attitudes (H1) was clearly rejected. Anti-vaccination views are more negatively correlated with people’s political participation, especially regarding civil liberties. The “freedom” advocated by anti-vaccine movements does not relate to a universal interpretation of basic human rights. Additionally, the rejection of equal opportunities is linked to anti-vaccination attitudes, indicating that these individuals are disillusioned with the entire political system and distrustful of both others and political institutions. Furthermore, anti-vaccination attitudes do not support political participation in any form,



összefüggésben áll az oltásellenes attitűdökkel, ami arra utal, hogy ezek az oltásellenesek a politikai rendszer egészéből kiábrándultak, és bizalmatlanok mind másokkal, mind a politikai intézményekkel szemben. Az oltásellenes attitűdök továbbá semmilyen formában nem támogatják a politikai részvételt, beleértve a tüntetéseket is, így a politikai részvétellel kapcsolatos második hipotézisünk szintén nem igazolódt.

Egy másik érdekes megfigyelés, hogy az oltásellenes attitűdök pozitív kapcsolatban állnak a normák be nem tartásával, ami növeli a párt- és tüntetési részvétel esélyét. Ez arra utal, hogy a bizalmatlanság közös jellemzője mind az oltásellenességnek, mind a tüntetési részvételnek, bár ezek a jelenségek külön működnek. Ez megkülönbözteti a politikai intézményekkel szembeni általános bizalmatlanságot azoktól, akik még mindig hisznek a politikai részvétel eszményében, de bizalmatlanok a meglévő intézményekkel szemben.

A kutatás célja az volt, hogy feltárja az oltásellenes attitűdök és az asszertív politikai kultúra közötti kapcsolatot. Eredményeink azt mutatják, hogy Magyarországon az eredeti „allegiant” és „asszertív” állampolgári modell nem teljesen alkalmazható. Az oltásellenesek populista attitűdöket és általános bizalmatlanságot mutatnak a politikai intézményekkel szemben, miközben a hagyományos hierarchiakat is támogatják. Az asszertív állampolgári kultúra elemei, mint például a választási részvétel, szintén nem mutatnak jelentős befolyást a politikai részvétel más formáira.

including protests, leading to the rejection of our second hypothesis (H2), which related to political participation.

Another interesting observation is that anti-vaccination attitudes are positively correlated with non-compliance with norms, increasing the likelihood of party and protest participation. This suggests that distrust is a shared characteristic of both anti-vaccine views and protest participation, although these phenomena operate separately. This distinguishes those with a general distrust of political institutions from those who still believe in the ideal of political participation but remain distrustful of existing institutions.

The research aimed to explore the relationship between anti-vaccination attitudes and assertive political culture. Our findings show that in Hungary, the original “allegiant” and “assertive” citizen models do not fully apply. Anti-vaxxers exhibit populist attitudes and general distrust of political institutions while also supporting traditional hierarchies. Elements of assertive civic culture, such as electoral participation, also do not significantly influence other forms of political participation.

The results highlight the need to clearly distinguish between differences in political cultures and various types of distrust. The lack of trust in political institutions can lead to populist attitudes and conspiracy theories, which ultimately pose a threat to democracy.

Az eredmények rávilágítanak arra, hogy a politikai kultúrák közötti különbségeket és a bizalmatlanság különböző típusait világosan meg kell különböztetni. A politikai intézményekbe vetett bizalom hiánya populista attitűdökhöz és összeesküvés-elméletekhez vezethet, ami végső soron veszélyt jelenthet a demokráciára.





**SZABÓ ANDREA**

HUN-REN Társadalomtudományi Kutatóközpont  
HUN-REN Centre for Social Sciences

**Generációk azonosítása Big Data logikával  
a posztpandémiás időszakban**

**Identifying generations using Big Data logic  
in the post-pandemic period**

Kutatótársak  
Co-researchers

Böcskei Balázs, Fekete Mariann, Nagy Ádám

A „kik beszélnek kiknek a nevében” a kutatói társadalom egyik legfontosabb kérdése. Ahogyan a szülők sem mindig értik gyerekeiket, úgy a kutatók sem feltétlenül érzékelik jól vagy teljesen vizsgálatauk tárgyát. Pedig ahogyan egy család élete, úgy egy kutatás sem tét nélküli. Ahogyan látjuk egymást és a problémákat, az meghatározza egymáshoz és a holnaphoz való viszonyunkat is. Különösen fontos ez az ifjúsággal kapcsolatban, amely tagjainak felnőtté válása egy információs, illetve élmény- és impulzustengerben történik. Hajóznak a tengeren, azaz értik a kort, használják és kihasználják a technológiát, személyes brandeket építenek, globálisan is összekapcsolódnak. Viszont hajózás közben gyakran viharba is kerülnek, és nem látják a kikeveredés útját. Ilyenkor magány, közösségihiány, szociális és egzisztenciális szorongás gyötri őket, összekapcsolódnak, de csak mint szigetek, és nem mint kontinensek.

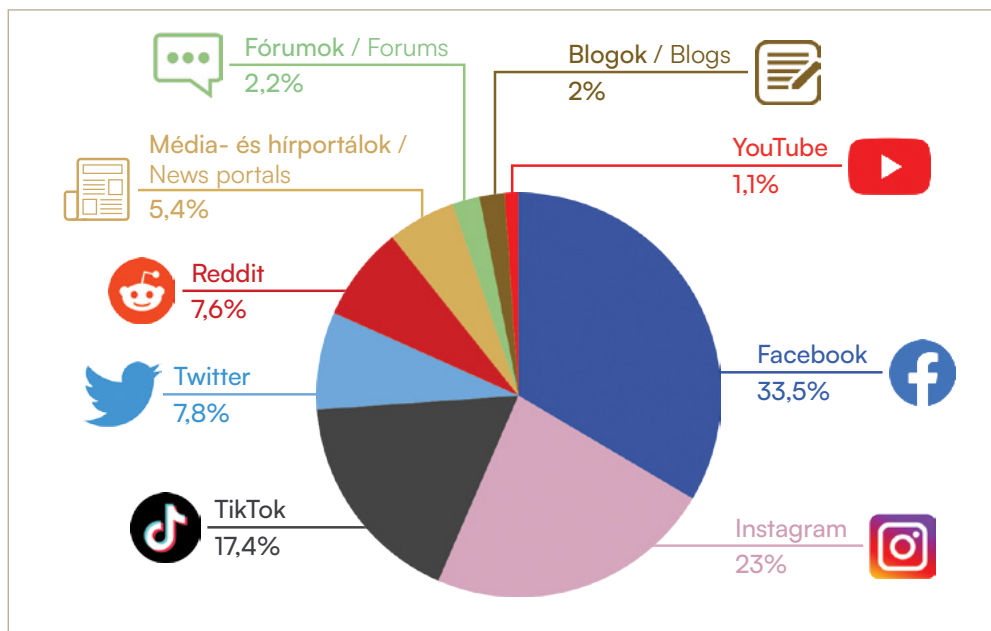
Kutatásunk ennek a sajátos kettőségnek a megértésére törekedett, mégpedig a COVID-valóságuk tükrében. A hétköznapi megélésétől kezdve egészen a világjárvány generációvá formálódásának esélyéig vizsgálódtunk. Tettük ezt úgy, hogy a „kik beszélnek kiknek a nevében” kérdését megválaszoltuk: a fiatalok és a saját nevükben.

Ennek egyik eszköze volt a Magyarországon a társadalomtudományos kutatásban kifejezetten innovatívnak számító *social listening* alkalmazása, mellyel „hátrafelé az időben” és így a koronavírus-járvány 2020–2022-es jelenében több mint hárommillió online elemből, diskurzusból, „hallgatás-

“Who speaks for whom?” is one of the most important questions in the research community. Just as parents do not always understand their children, researchers do not necessarily have an adequate or complete grasp of the subject of their own study. However, just as family life is not without stakes, no research is without them either. How we see each other and our problems determines our relationship to each other and to tomorrow. This is particularly important for youth, whose coming of age occurs in a sea of information, experience and impulses. They sail the seas, that is, they understand the times, use and exploit technology, build personal brands and connect globally, though they are often caught in storms while sailing and cannot see their way out. In such cases, they are plagued by loneliness, lack of community, and social and existential anxiety; and when they are connected, it is only as islands, not as continents.

Our research sought to understand this particular duality in the light of their COVID-19 reality. We examined everything from their daily lives to their chances of becoming a pandemic generation. We did this by addressing the question “Who speaks for whom?” — for and on behalf of young people.

One of the tools we used was social listening, a highly innovative method in social science research in Hungary, which allowed us to create a database of more than three million online elements, discourses and “listensings” with the presence of the pandemic in 2020-2022. This formed the basis



1. ábra

A fiatalok COVID-dal kapcsolatos diskurzusainak megoszlása platformonként (3 891 012 tartalom alapján)

Figure 1

Distribution of youth discourse on COVID-19 by platform (based on 3,891,012 pieces of content)

ból” álló adatbázist tudtunk létrehozni. Ez képezte az alapját a további kvalitatív (fókuszcsoporthoz, egyéni interjúk és esettanulmányok) és kvantitatív (reprezentatív felmérés) kutatásoknak. A fiatalok saját elbeszéléseiből építkező kutatás annak lehetőségét nyújtotta, hogy ott kutadjuk a fiatalokat, ahol vannak, az online világban, hatalmas adatmennyiséggel és saját valós és elbeszélte megélésükben (1. ábra).

Három fő kérdésre kerestük a választ: Hogyan élték meg a fiatalok a koronavírus-járványt, és milyen következményei maradtak meg a pandémiának? Generációformáló történelmi eseménynek látják-e a fiatalok a vírust? A korábbi generációkhoz képest történt-e értékrend- és attitűdváltás a COVID-19 hatására?

Komplex kutatásunk eredményei alapján a 15–29 évesek járványmegélése három fő szakaszra bontható, amelyek eltérő hosszúságúak, és amelyekben eltérő módon élték hétköznapjaikat. A legérdekesebb talán az, hogy volt olyan szakasz, amelyben az alapvetően individualistának, helyenként önzőnek tekintett magyar fiatalok nagyon is szolidárisan és közösséglvűen cselekedtek.

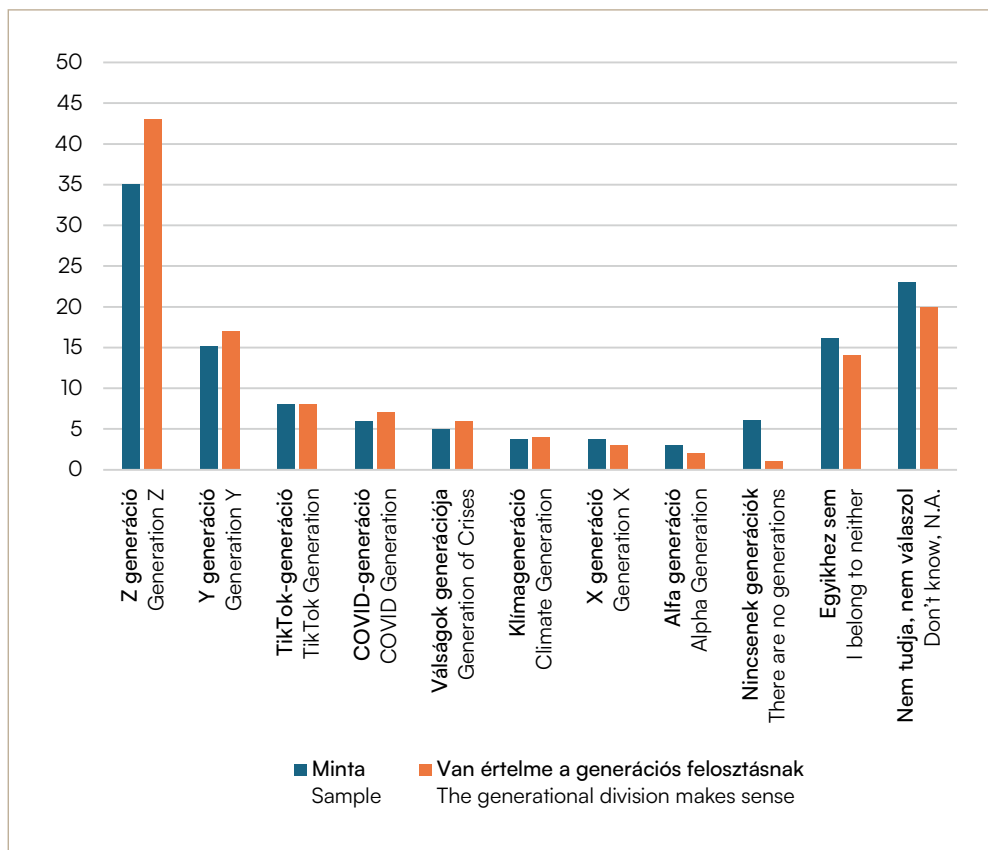
A koronavírus-járvány és az annak nyomán bevezetett pandémia leg súlyosabb következménye a fiatalok mentális egészségében mutatható ki. Ezt a kérdést egyrészt maguk a 15–29 évesek is problematizálták, másrészt az azóta elkészült tudományos kutatások is kimutatták, hogy a fiatalok, különösen a tinédzserek lelki, mentális állapota drámaian romlott 2020-at követően. Egyetértve más ifjúságku-

for further qualitative (focus groups, individual interviews and case studies) and quantitative (representative survey) research. Based on young people’s narratives, the research provided an opportunity to explore young people where they are already present: in the online world, with a huge amount of data and in their own real and narrated lived experiences (Figure 1).

We sought answers to three main questions: Firstly, how did young people cope with the pandemic, and what were its lasting effects? Secondly, do young people see the virus as a generational historical event? Finally, has COVID-19 caused a change in values and attitudes compared to previous generations?

Based on the results of our complex research, the experience of the pandemic for 15–29-year-olds can be divided into three main phases of different lengths and with varying impacts on their daily lives. What is perhaps most interesting is that there was a phase in which Hungarian young people, who were seen as basically individualistic and sometimes selfish, acted in a very solidary- and community-orientated manner.

The most serious consequences of the coronavirus pandemic and the pandemic that followed it was the mental wellbeing of young people, an issue that was raised by the 15–29-year-olds themselves, and which scientific research has since shown to have deteriorated dramatically. In agreement with other youth researchers, we believe that COVID-19 is part of a more general poly-



2. ábra

Generációs felosztás a 15–29 évesek (teljes minta) körében és azok körében, akik szerint van értelme a generációs felosztásnak (százalék)

Figure 2

Do you personally belong to one of these generations? Please tick up to two generations to which you feel you belong (multiple answers possible, total respondents, percentage)



tatókkal úgy véljük, hogy a COVID része egy általánosabb polikrízisnek, amelynek egyik, szerintünk fontos, sőt meghatározó állomása épp a koronavírus-járvány és az abból eredő bezárkózás, szeparáció és szocializációs válság lehetett. Ennek következménye a fiatalok körében érzékelhető magas bizonytalanság és a félelemérzet felerősödése.

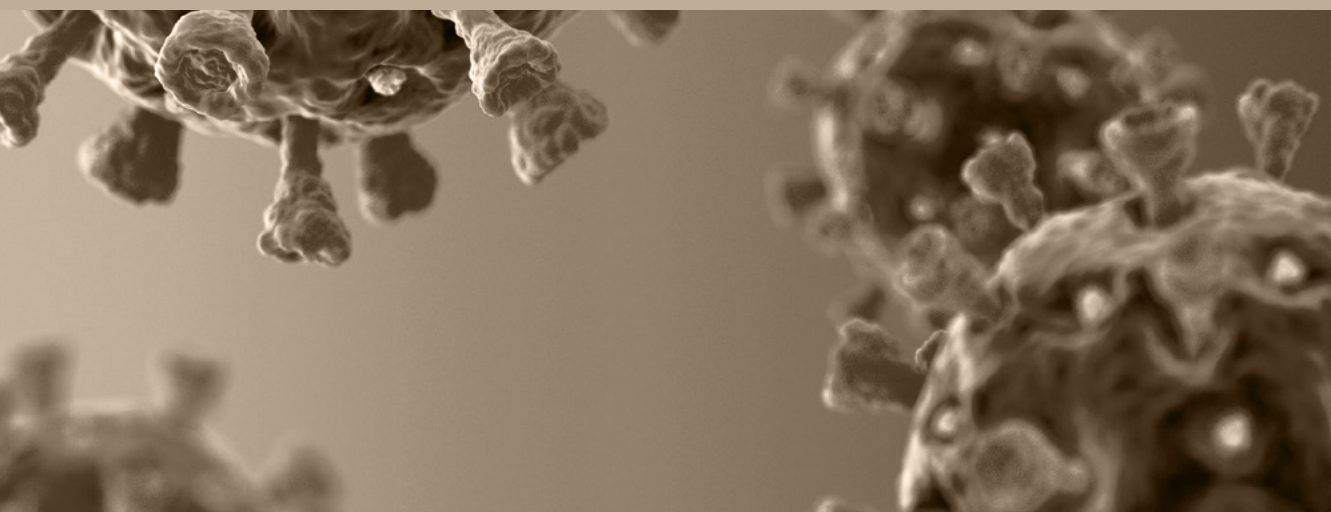
Úgy látjuk, hogy a magyar fiatalok generációkban gondolkodnak, de a COVID-generáció elnevezéssel, illetve identitással kevesen azonosulnak. Adataink arra utalnak, hogy a generációs értelemzés alapja szociokulturális különbözőség. Összességében adataink értelmezése inkább egyfajta diszkomfortérzés felé mutatnak, mintsem egy új gondolkodási struktúra építését sejtetik a 15–29 évesek körében (2. ábra).

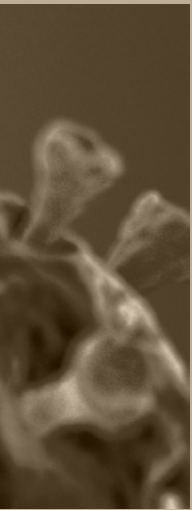
Mivel a távlatos jövő az övök, a legkevesebb, amit tehetünk, hogy megismerjük az ifjúság jelenét. Az „új ifjúság” új kutatási módszerek után kiált, és a kutatói team e kiáltást meghallva két éven keresztül vizsgálta a jelent gyakran már most meghatározó fiatal korosztályokat.

crisis, one of the most important or even defining stages of which, in our view, has been the coronavirus pandemic and the resulting crisis of isolation, segregation and socialisation. This has led to high insecurity and fear among young people.

We see that young Hungarians think in terms of generations, but few identify with the name or identity of the COVID generation. Our data suggest that generational understanding is based on socio-cultural differences. Overall, our interpretations of the data point to a sense of discomfort rather than the construction of a new structure of thinking among 15–29-year-olds (Figure 2).

Since the future belongs to the young, the least we can do is to get to know their present. The New Young Generation is calling for new research methods, and the research team has answered this call by spending two years studying the young people who are often already shaping the present.





# Informatika

## Computer Science



## REGULY ISTVÁN ZOLTÁN

Pázmány Péter Katolikus Egyetem  
Pázmány Péter Catholic University

Élet az állandósuló COVID világában:  
optimális, precíziós járványkezelés

Living in the world of persistent COVID:  
optimal, precise pandemic management

Kutatótársak  
Co-researchers

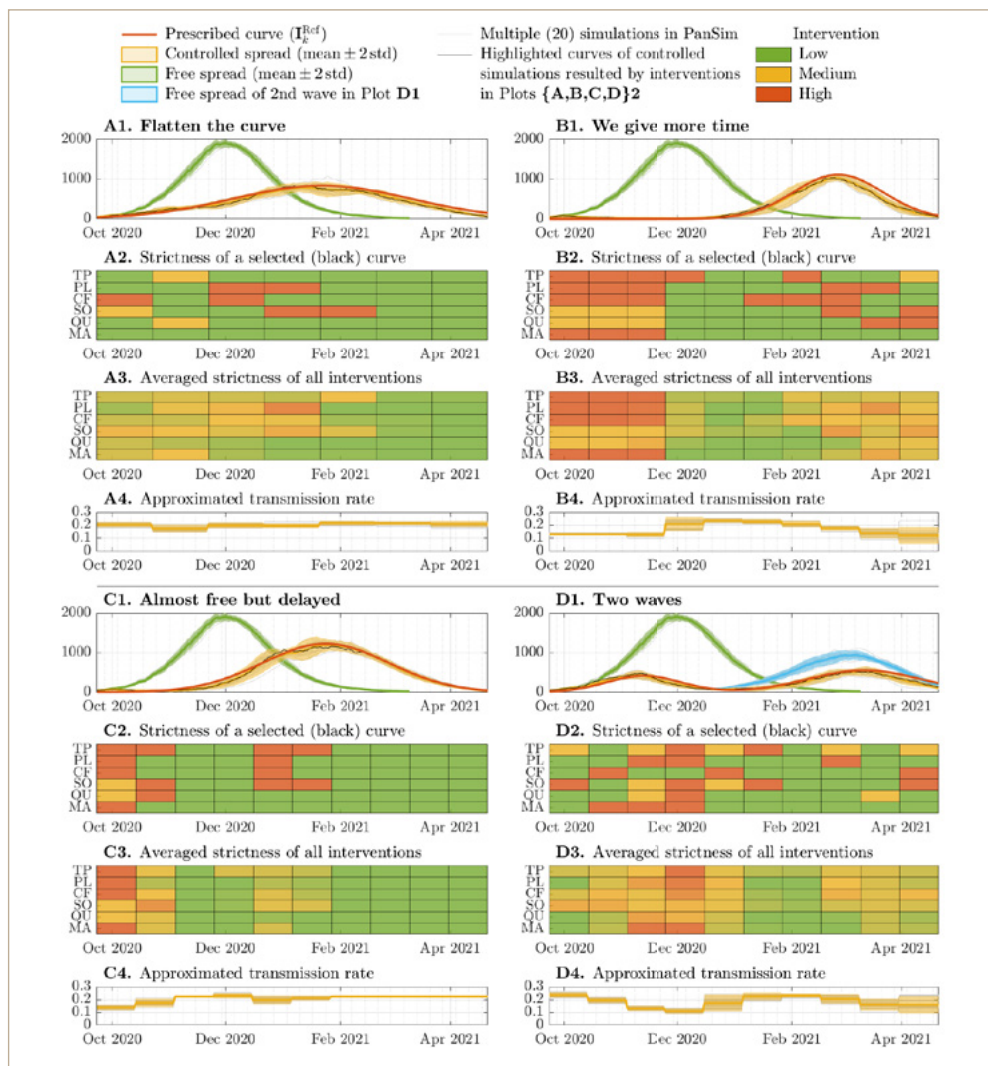
Balogh Gábor Dániel, Horváth Gergely, Polcz Péter, Siklósi Bálint

A koronavírus-járvány rávilágított arra, hogy a globalizált világban a pandémiák nem egyszeri események, hanem valós kockázatok, amelyekkel szembe kell néznünk, és előre kell terveznünk velük: a COVID-19 teljes eltűnése már nem reális célkitűzés, és a jövőben hasonló helyzetek — egyre gyakoribb — kialakulása is várható. Ezért elengedhetetlen egy integrált járványkezelési megközelítés kidolgozása, amely segít az ilyen helyzetekre felkészülni, valamint képes a számos bizonytalan tényező mellett is támogatni a döntéshozatalt.

Kutatásunk egy ágensalapú járványterjedési modellt (PanSim) fejlesztett ki, amely a társadalom szerkezetének és viselkedésének számos aspektusát figyelembe veszi. A szimulátor képes a járvány terjedésének modellezésére és a különböző intézkedések hatásának elemzésére. A lehetséges intézkedések között szerepelhet a kontaktszemélyek karanténozása, üzletek bezárása, kijárási korlátozások és a digitális oktatás bevezetése. A modell az egészségügyi rendszer terhelése mellett az indirekt hatásokat is becsüli, például a karantén miatt kiesett munkaidőt vagy az üzletek forgalomcsökkenését. Kutatócsoportunk korábban nemlineáris közönséges differenciálegyenletekkel (ODE) modellezte a járvány terjedését és annak irányítását, e modellek eredményeit integráltuk az ágensalapú szimulációval. Ez lehetővé tette a szabályozási célú modellek korrekt összekapcsolását az ágensalapú modellekkel és a rendszerelmélet módszereinek alkalmazását az összetett és részletes ágensszimulációk analízisére és szabályozására.

The coronavirus pandemic has highlighted that in a globalised world, pandemics are not isolated events, but real risks that we must confront and plan for: the complete eradication of COVID-19 is no longer a realistic goal, and the emergence of similar situations is expected to become increasingly frequent in the future. Therefore, it is essential to develop an integrated pandemic management approach that helps prepare for such situations and aids in decision-making, even amidst numerous uncertain factors.

In our research, we developed an agent-based pandemic spread model (PanSim) that takes into account various aspects of the structure and behaviour of society. The simulator is capable of modelling the spread of the pandemic and analysing the effects of different measures. Potential measures include quarantining contacts, closing shops, imposing movement restrictions, and transitioning to digital education. In addition to the load on the healthcare system, the model also estimates indirect effects, such as lost work time due to quarantine measures or decreased business turnover. Our research group previously modelled the spread and control of the pandemic using non-linear ordinary differential equations (ODEs), and we integrated the results of these models with the agent-based simulation. This allowed for the correct integration of control-oriented models with agent-based models and the application of system theory methods to analyse and control complex and detailed agent simulations.



166

1. ábra

A COVID szabad és irányított terjedése, különböző elvárt lefutások mellett

Az A–D változatok más-más lefolyást írnak elő, és vetik azt össze a szabad terjedéssel. Az A esetben a fő cél a lefutás görbéjének laposabbá tétele, a B esetben a hullám időbeli késleltetése, a C esetben laposabb, de összességében a szabad terjedéshez képest hasonló számú fertőzöttel való lefutás, a D esetben pedig két hullámra való bontás a cél. Az 1. alábbiak a fertőzöttek számát mutatják, a 2. alábbiakon egy konkrét szimulációban használt intézkedéssorozat látható 3 hetes periódusokban az egyes intézkedések súlyosságával, a 3. alábbiakon számos szimuláció átlaga esetén az intézkedések sorozatának átlaga, a 4. alábbiakon a becsült átviteli sebesség látható.

Figure 1

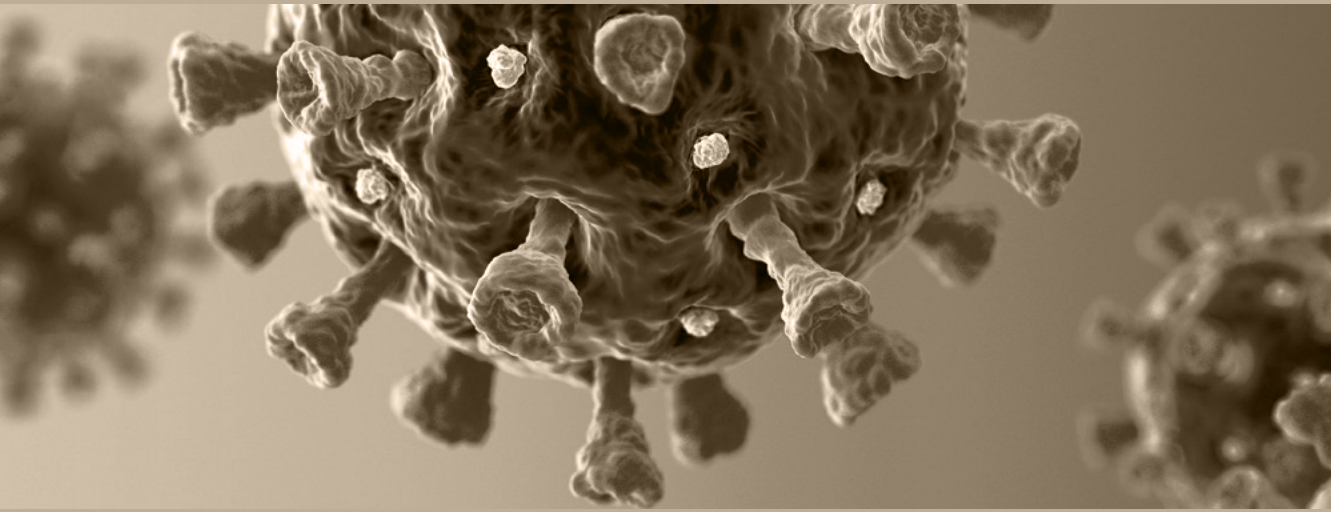
Free and controlled spread of COVID, with different control goals, showing the number of infected, as well as what interventions were in effect and when

A járvány folyamatát olyan rendszernek tekintjük, amelynek bemenetei a befolyásolható beavatkozások és külső tényezők, míg kimenetei olyan mért mennyiségek, mint a kórházi ápoltak vagy a karantén alatt lévő ágensek száma. A kutatás legfontosabb új tudományos eleme egy optimális irányítási megközelítés integrációja az ágensalapú modellel. Az irányítási célfüggvényben szerepelhetnek egészségügyi, gazdasági és társadalmi mutatók, amelyek pontos meghatározása és egyensúlyozása a döntéshozók feladata — a keretrendszer ezek után képes az ezt elérő, legkisebb költségű intézkedéssorozat meghatározására.

A kutatás legnagyobb eredménye, hogy elkészült egy Modell Prediktív Kontroll (MPC) keretrendszer, amely képes a PanSim ágensalapú modell robotus irányítására. Ez lehetővé teszi a különböző előírt járványgörbék eléréséhez szükséges intézkedések meghozatalát és finomhangolását, figyelembe véve az egészségügyi, társadalmi és gazdasági hatásokat. A konkrét példában (1. ábra) a szabad terjedéshez képest (zöld görbe) egy laposabb (A változat) vagy egy időben jóval eltolt (C változat) lefutást szeretnénk elérni — rendszerünk ehhez konkrét intézkedéssorozatot tervez. A rendszer robotusságát jól mutatja, hogy az ábrán látható piros elérendő görbét úgy is sikerül nagy pontossággal követni, ha csupán háromhetente lehet új intézkedéseket hozni. Eredményeink olyan új, adatvezérelt eszközt adnak a döntéshozók kezébe, amelyet a jelenlegi és jövőbeni járványok kezelésére lehet használni, igény szerint súlyozva az egészségügyi, gazdasági és társadalmi hatásokat.

We consider the pandemic process as a system where the inputs are controllable interventions and external factors, while its outputs are measured quantities such as number of hospitalised patients or number of agents under quarantine. The most important new scientific element of the research is the integration of an optimal control approach with the agent-based model. The control objective function may include health, economic and social indicators, whose precise defining and balancing are the tasks of decision-makers — the framework can then determine the series of measures that achieve this at the lowest cost.

The greatest achievement of the research is the development of a Model Predictive Control (MPC) framework capable of robustly controlling the PanSim agent-based model. This enables the necessary measures to be taken and their fine-tuning to achieve various prescribed pandemic curves, taking into account health, social and economic impacts. In our specific example (*Figure 1*) shown in the attached figure, we compared free-spread (green curve) to situations where we aim to achieve a flatter (A variants) or significantly delayed (C variants) curve — our system plans a specific series of measures for this. The robustness of the system is well-demonstrated by the fact that the red target curve on the graph can be followed with high accuracy even if new measures can only be implemented every three weeks. Our results provide decision-makers with a new data-driven tool that can be used to manage current and future pandemics, with the ability to weigh health, economic and social impacts as needed.







# Földrajztudomány

## Geography



**VARGA GYÖRGY**

HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont  
HUN-REN Research Centre for Astronomy and Earth Sciences

**Levegőkörnyezeti változások a COVID-szankciók függvényében Eurázsia különböző földrajzi régióiban**

**Atmospheric environmental changes in response to COVID-19 sanctions in different geographical regions of Eurasia**

Kutatótársak  
Co-researchers

Csávics Adrienn, Gresina Fruzsina, Karácsonyi Dávid, Szeberényi József

Globalizált, egyben számos akut természeti és társadalmi problémával küzdő világunk minden feltételét megteremtette a világjárványok kialakulásának. Ennek modern kori történelmünk során első, minden földrajzi régiót, társadalmi réteget és minden egyes gazdasági ágazatot érintő megjelenése a COVID-19-pandémia. A rendkívüli károkkal kísért járvány terjedését az emberek társasági tevékenységének és mobilitásának csökkentésével próbálták szankcionálni. Ez együtt járt bizonyos antropogén tevékenységből fakadó környezetterheléseknek a csökkenésével, így a levegőkörnyezeti állapot javulásával is.

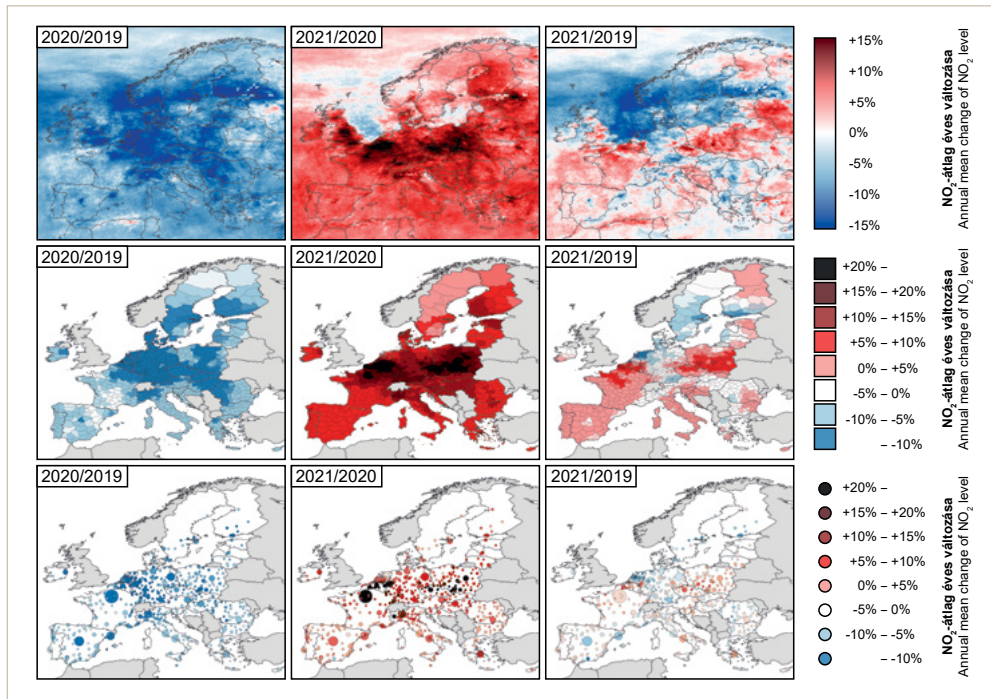
Kutatásunk első fázisában az Európai Unió 27 tagállamát elemeztük nemzeti, régiós és nagyvárosi szinten, az NO<sub>2</sub>-szint és változása 2019–2021 közti alakulásának szempontjából. Az EU-ban országos léptékben az NO<sub>2</sub>-szint változása 2020/2019-ben átlagosan -10%, míg 2021/2020-ban átlagosan +11,4% volt. E változások iránya egyértelmű, de nagyságrendje földrajzi térségenként jelentősen eltért.

A légszennyezés különböző szintjei által érintett lakosság számának térbeli eloszlása a városi kibocsátási többlet miatt egyenlőtlen és rendkívül aszimmetrikus. 2019-ben az EU több mint 150 millió lakosa élt olyan régiókban, ahol az NO<sub>2</sub>-szint éves átlagos értéke meghaladta a 100 μmol/m<sup>2</sup>-t, ebből több mint 100 millió lakos élt városi régiókban és mintegy 23,5 millió ember átmeneti tipológiájú térségekben. A 100 μmol/m<sup>2</sup> feletti NO<sub>2</sub>-terheléssel érintett terület 2020-as csökkenése következtében a legkomolyabb szennyezéssel érintett 150 milliós lakosság

Our globalised world, with its many acute natural and social problems, has created all the conditions for the emergence of pandemics. The COVID-19 pandemic is the first in our modern history to affect all geographical regions, all social classes and all economic sectors. An attempt was made at reducing people's social activity and mobility to curb the pandemic, which was accompanied by extreme damage. This coincided with a reduction in environmental pressures from certain anthropogenic activities, and hence an improvement in the atmospheric environment.

In the first phase of our research, we analysed the 27 EU Member States at national, regional and metropolitan levels in terms of changes in NO<sub>2</sub> levels and changes in levels between 2019 and 2021. At the EU national scale, the average change in NO<sub>2</sub> levels was -10% in 2020/2019 and +11.4% in 2021/2020. The direction of these changes is clear, but the magnitude varied significantly between geographical areas.

The spatial distribution of the population affected by different levels of air pollution was uneven and highly asymmetric due to the urban emissions surplus. In 2019, more than 150 million people in the EU lived in regions with an annual average NO<sub>2</sub> level above 100 μmol/m<sup>2</sup>, of which more than 100 million lived in urban regions, with around 23.5 million in transitional typologies. As a result of the reduction in the area affected by NO<sub>2</sub> above 100 μmol/m<sup>2</sup> in 2020, the 150 million people most affected decreased to 73.9 million. Unfortu-



1. ábra

A troposzférikus  $\text{NO}_2$ -szintek éves arányai a vizsgált európai térségben, regionálisan (NUTS-3) és nagyvárosi (lakossággal súlyozottan megjelenítve) szinten

Figure 1

Annual rates of tropospheric  $\text{NO}_2$  levels in the European area studied, at regional (NUTS-3) and metropolitan (population-weighted) levels

száma 73,9 millióra csökkent. Sajnos 2021-ben már újra 151 millió európai polgár élt  $\text{NO}_2$ -vel komoly mértékben szennyezett régiókban (1. ábra).

A teljes eurázsiai térségre történő kitekintés során is a szubnacionális szintek elemzésével tártuk fel a kibocsátások térbeli alakulását, valamint társadalmi-gazdasági hátterét. Ázsiában a területi differenciáltság még inkább megjelent, amiből kiemelkedtek a dél-és kelet-ázsiai makrorégiók, ahol százmilliókat érintenek a legrosszabb levegőkörnyezeti viszonyok. Különös jelentőséggel jelent meg Dél-Ázsiában a szegénység mint súlyosbító tényező. A lakosság legszegényebb hányada él itt a legszennyezettebb viszonyok között (2. ábra).

A kormányzati korlátozások mindkét vizsgált térségben jelentős hatással voltak a 2020-as kibocsátáscsökkenésekre (és az enyhítések a légszennyezettség 2021-es növekedésére). Az intézkedések szigorúságának objektív mérőszámai nem mutattak azonban szoros korrelációt a kibocsátásváltozások mértékével, a földrajzi környezet szerepe olykor jelentősebb volt.

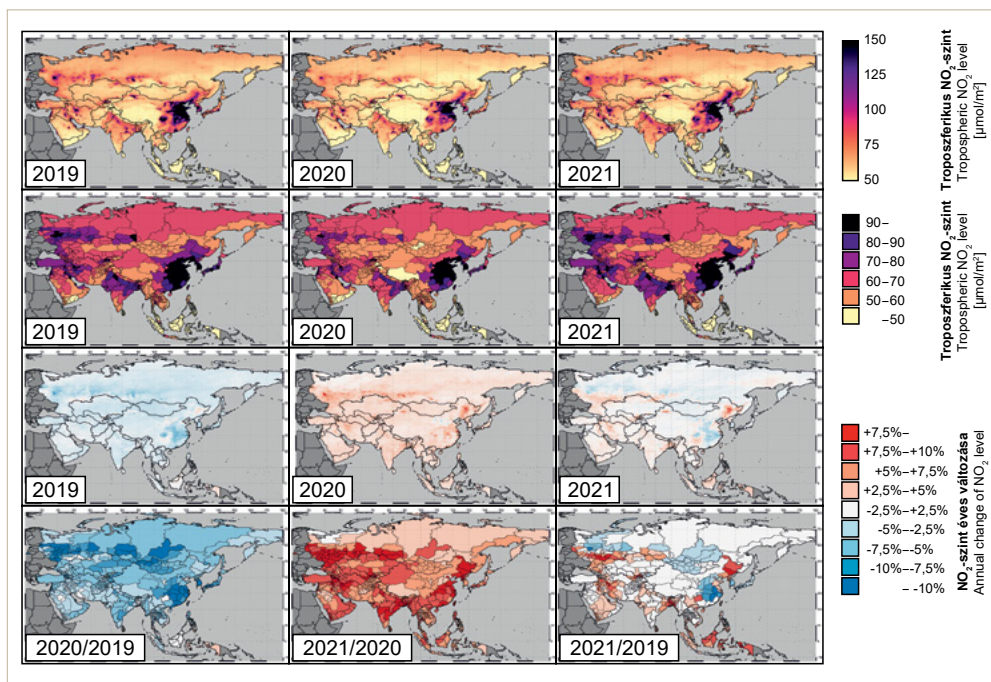
Kutatásunkban az egyik legsúlyosabb globális világprobléma, a légszennyezettség szempontjából elemeztük a COVID-19-időszak változásait. Ennek során rámutattunk, hogy a kormányzati intézkedéseken túl a komplex földrajzi viszonyok is jelentős hatással voltak a kibocsátások változásának mértékére.

nately, in 2021, 151 million Europeans again lived in regions severely polluted by  $\text{NO}_2$  (Figure 1).

We also explored the spatial evolution of emissions and the socio-economic context by analysing subnational levels for the whole Eurasian region. In Asia, spatial differentiation became even more pronounced, with the South and East Asian macro-regions standing out, where hundreds of millions of people were affected by the worst air quality conditions. Poverty has become a particularly important aggravating factor in South Asia, where the poorest proportion of the population live in the most polluted conditions (Figure 2).

In both study regions, government restrictions had a significant impact on emissions reductions in 2020 (and on air pollution increases in 2021). However, objective measures of the severity of the measures did not show a strong correlation with the extent of the changes in emissions. The role of the geographical environment was sometimes more significant.

In our research, we analysed changes over the COVID-19 period from the perspective of one of the most serious global problems, air pollution. In doing so, we showed that, in addition to government policies, complex geographic conditions had a significant impact on the rate of change in emissions.



2. ábra

A troposzférikus NO<sub>2</sub>-szintek éves átlagai és arányai a vizsgált ázsiai térségben

Figure 2

Annual averages and ratios of tropospheric NO<sub>2</sub> levels in the Asian region



# MTA

Az új típusú koronavírus okozta pandémia számos kérdést vetett fel az élet szinte minden területén. E kérdések kezelésének vizsgálatára és megoldási javaslatok kidolgozására hirdette meg az Akadémia 2021-ben nagy kockázatú alapkutatásokat támogató, interdiszciplináris programját. A poszt-COVID-jelenségek kutatására kiírt pályázat célja az volt, hogy tudományos tényekre alapozott válaszokat kapjunk a koronavírus-járvány hatásairól. A kötetben a nyertes projekteket sikeresen megvalósító csoportvezetők összegzik a poszt-COVID-jelenségekkel kapcsolatos eredményeiket.

The novel coronavirus pandemic raised numerous questions across nearly every aspect of life. In response to these emerging challenges, the Academy launched an interdisciplinary post-COVID research programme in 2021 to support high-risk, fundamental research projects. The call for proposals aimed to provide scientifically-based answers regarding the impact of the novel coronavirus pandemic.

This volume presents the findings of the research groups that successfully completed their projects concerning various aspects of post-COVID phenomena.

