

## KITEKINTÉS

---

**Dános Valér – Szabó Csaba**

**A tudomány fejlődése töretlen**  
Interjú Karikó Katalin professzor asszonnyal,  
a hírvivő RNS terápia alkalmazás kidolgozójával

**The development of science is uninterrupted**  
Interview with Prof. Katalin Karikó,  
laborator of the mRNA-mediated therapy



### **Absztrakt**

Karikó Katalin magyar származású professzor asszonnyak, a BioNTech alelnökének, valamint a Pennsylvániai Egyetemen dolgozó kutatótársának, Drew Weissmannak a 2005-ben szabadalmaztatott hírvivő RNS (mRNS) technológiája képezi mind a Pfizer–BioNTech, mind a Moderna gyógyszercégek

koronavírus-vakcináinak alapját. Karikó Katalin eddigi, több évtizedes kutatói pályájának legfőbb eredménye az mRNS terápiás alkalmazás kidolgozása. A professzor asszony számára különleges mérföldkőnek számít az a pillanat, amikor ezzel a technológiával születhetett meg a legelső COVID-19 vakcina. Úttörő felfedezése óriási tudományos jelentőséggel bír a vakcinakutatásban, hiszen az emberek többsége világszerte a vakcinától várja a pandémia és ezzel a járványhelyzet megszűnését, bízva abban, hogy életünk visszatérhet a megszokott kerékvágásba. Ugyanakkor azt is látnunk kell, hogy sokakban számos kérdés merül fel a vakcina hatásmechanizmusával, utó- és mellékhatásával, továbbá az immunválasz tartósságával, az újrafertőződés lehetőségével kapcsolatban. A kérdések sok bizonytalansághoz vezetnek a vakcina elfogadásával összefüggésben, ezért egyértelmű válaszokra van szükség. A vírus elleni küzdelemben az egészségügyi dolgozók mellett a hon- és rendvédelmi dolgozók is a legveszélyeztetettebb kategóriába sorolhatók, így fontos, hogy az ezeken a területeken dolgozók közül minél többen oltassák be magukat valamelyik vakcinával. Ehhez azonban az is szükséges, hogy hiteles információval rendelkezzenek a vakcina természetéről, az immunválasz kialakulásának jellemzőiről. Mivel az ismeretlen mindig félelmet, bizonytalanságot szül, Karikó Katalin professzor asszonnyal készült interjúnkkal is szeretnénk eloszlatni a kétségeket, továbbá segítséget nyújtani mindazok számára, akik még bizonytalanok, és nem döntötték el, vakcináltassák-e magukat. A vakcinakutatásról, az mRNS-technológia széleskörű alkalmazhatóságáról, a vakcinatagadásról, valamint a rendőrséghez, a rendészeti tudományos kutatásokhoz való kapcsolatáról kérdeztük Karikó Katalin professzor asszonyt. Az interjút Dános Valér és Szabó Csaba készítették.

**Kulcsszavak:** mRNS, tudomány, vakcina, COVID-19

### **Abstract**

Both Pfizer-BioNTech's and Moderna's corona virus vaccines have been developed on the basis of the mRNA-mediated therapy, discovered by Katalin Karikó, Hungarian-born professor and senior vice president of BioNTech and her co-discoverer Drew Weissman, a professor of the University of Pennsylvania. The greatest scientific achievement of Katalin Karikó's research work over more than two decades is the elaboration of the mRNA-mediated method for therapeutic application. For Professor Karikó was a special milestone the moment when the first vaccine for COVID-19 was created based on this technology. Her breakthrough discovery has a potent scientific importance in

vaccine research, as people are all around the world looking forward to the end of pandemic and lockdown restrictions with arrival of vaccines, hoping that life could finally return to normality. However, we have to remark that many questions emerge concerning the effect mechanism of this new type of vaccines, their side or long-term effects, as well as the duration of immunity or the risk of reinfection. These questions lead to uncertainty in connection with vaccination, therefore here are clear answers needed. In the fight against the virus, beside healthcare workers, military and police personnel belong to the category of highest risk of infection, therefore, it is crucial to achieve as high vaccination rates in their ranks as possible. To reach this goal, it is important to have authentic information about the vaccine and the indicators of the immune response. As, the unknown always creates fear and uncertainty we intend to put an end to such fears with the help of this interview with Katalin Karikó and to support hesitant colleagues' decision-making process to get themselves vaccinated. We asked Professor Katalin Karikó about vaccine research, the wide area of application of the mRNA-mediated therapy, about skepticism concerning vaccination and about her personal connections to police forces and to scientific research in the field of law enforcement. She was interviewed by Valér Dános and Csaba Szabó.

**Keywords:** mRNA, science, vaccine, COVID–19

*Professzor asszony, Ön régóta kutatja az mRNS-t, míg mások inkább a génterápiát favorizálták. Az Ön kutatásainak eredménye – a módosított mRNS – az alapja a Pfizer–BioNTech vakcinának. Mi volt az a pillanat, amikor felismerte, hogy ez a technológia alkalmas lehet vakcinaként a koronavírussal szemben?*

A folyamat megértéséhez időben egy kicsit vissza kell menni. 1990-ben kezdődött a Humán Genom Projekt (HGP) az Egyesült Államokban, amikor is a génterápiás eljárások kerültek előtérbe. A HGP egy nagyszabású, nemzetközi kutatási együttműködés volt 1990 és 2003 között, amely feltérképezte a teljes emberi genomot, azonosítva ezzel a teljes génállományunkat, feltérképezve az összes gént. A munka során, ahogy bizonyos gének funkciója egyre részletesebben ismertté vált, az azok hibájából adódó betegségek felismerése is nyilvánvalóvá lett. Ebben az időszakban minden a génterápiáról szólt. Jómagam és néhány kutató, akik ezzel a szakterülettel foglalkoztak, többször hangsúlyoztuk, hogy a legtöbb betegség megoldásához nem szükséges a génterápia. Bátran és határozottan állítottam akkor is, hogy az mRNS sokkal

hatékonyabb terápiás lehetőség. Alkalmazása során ideiglenesen megjelenő fehérvérrel lehet segíteni például a sebek gyógyulását vagy a csontok összeforrását. A génterápia azért volt domináns akkoriban, és azért nem figyelt senki az mRNS hatékonyságára, mert ez volt a humán genom évtizede.

Emellett azt is látni kell, hogy a kutatáshoz szükséges technológia a 80-as évek második felében vált elérhetővé. A Science tudományos folyóirat 1989-ben vezette be „Az év molekulája” címet, amit először a Taq-polimeráz kapott meg (Guyer & Koshland, 1989). Ezzel lehetővé vált a megfelelően szerkesztett DNS-szakaszok hatékony kialakítása. DNS-ről RNS-t már ekkor tudunk átírni. A nukleinsavak sejtekbe juttatásának terén pedig szintén jelentős előrelépés történt, 1987-ben vezették be ugyanis a liposzomális transzfekciót (lipofection). Jól érzékelhető, hogy a 80-as évek végén mennyi minden történt, szinte egy tudományos forradalom bontakozott ki.

A génterápia megtorpanása 1999-re tehető, amikor is Jesse Gelsingert, egy OTCD-betegségben szenvedő önkéntest génterápiás eljárás keretében kezelték a philadelphiai Pennsylvanai Egyetemen. Az egyetem kutatói az OTC-gén javításának lehetőségeit vizsgálták. A betegségben hiányzó enzim termelését próbálták elérni, amelynek hatására megakadályozható a tünetekért felelős ammónia felhalmozódása a szervezetben. A vizsgálatban adenovírus-vektorba épített helyes OTC-gént injekciótak a betegbe. Az ártalmatlanná változtatott vírus megfertőzte a betegek májsejtjeit, ezzel jutva be a megfelelő helyre, és az említett gént beillesztette a májsejtben található kromoszomális DNS-be. Sajnálatos módon viszont Jesse Gelsinger négy nappal a génterápiás eljárást követően elhunyt (URL1).

Vaksinálás céljából mRNS-nel először 1993-ban francia kutatók kísérleteztek, mégpedig lipidbe csomagolva, influenzafertőzés megelőzése céljából (Martinon és munkatársai, 1993). Kutatásaim során az egyik első meglepetés akkor ért, amikor a vizsgálatok rámutattak, hogy a bejuttatott RNS gyulladáshoz vezető folyamatot indít el a szervezetben. Feltehetjük a kérdést, hogyan okoz gyulladást az RNS, amikor a sejtjeinkben mindenütt jelen van. A válasz az, hogy a mi sejtjeinkben a sejtmagból kerül ki az RNS, amíg a terápia vagy vakcinálás esetén kívülről visszük be a sejtbe. Ilyen értelemben, amikor az RNS a sejtthártyán, azaz a sejten kívül található, az egy valós veszélyt üzen, mivel egy vírus jelenlétére utalhat, de származhat egy károsodott sejtől is. Ez ellen a veszély ellen a szervezet védekezni próbál.

A kutatásaim során elkezdtem tovább gondolkodni azon, hogyan lehet azt elérni, hogy ne okozzon gyulladáshoz vezető reakciót a kívülről bejuttatott RNS. Akkor jöttem rá, milyen különböző változtatások lehetnek eredményesek. Megoldásként az mRNS egyik építőkövének, egy nukleozidnak a módosítását

kellett elvégezni. Ezután kísérletekkel igazoltuk, hogy a módosítást követően már nem okoz gyulladást a szervezetben a kívülről bevitt módosított mRNS. Emellett fontos volt egy másik probléma megoldása is: az mRNS előállításánál számos, szintén gyulladást okozó folyamatot indukáló melléktermék keletkezhet, ezek vizsgálata, valamint eltávolítása tisztítási eljárással kritikus jelentőségű volt az alkalmazhatóság tekintetében. A tisztításon átesett módosított mRNS-t már úgy lehet bejuttatni a sejtbe, hogy nem lép fel nem várt, káros következmény. Az így kialakított technológiát vakcinák fejlesztésében 2017 óta különböző vírusok ellen teszteltük, köztük a Zika-vírus és az influenzavírusra is. Eredményeink rámutattak, hogy a kidolgozott módszer alkalmazásával más vírusok ellen is hatékonyan tudjuk felvenni a harcot.

*Véleménye szerint miben különbözik az mRNS-alapú vakcina az eddigi vakcináktól?*

Az eddig alkalmazott vakcinák előállításához legyengített vagy elölt kórokozók, illetve fertőzésért felelős törzsek egy rekombinánsan előállított fehérjerészletét használják. Az általunk kifejlesztett vakcinával a koronavírus esetén a vírus felszínén található tüskefehérjéjét kódoló mRNS-t oltjuk be. Erről a bejuttatott mRNS-ről a sejtjeinkben képződik az a fehérje, amire reagálva alakítja ki a szervezetünk a megfelelő védekezést. Ezzel specifikus ellenanyag-termelést érünk el, és ez fog bennünket megvédeni fertőzés esetén. Az mRNS vakcina esetében tehát hatásos immunológiai reakció kiemelkedő biztonsági profillal és a genetikai információ változtatásának rugalmasságával ötvöződik. Ezzel szemben például egy osztdásra is képes, legyengített kórokozót tartalmazó vakcina alkalmazásakor olyan vírusrészek ellen is képződik ellenanyag, ami a megelőzés céljából szinte felesleges. A vírus örökítőanyagának és a fertőzés módjának ismeretében kiválasztható a vírus azon része, amely a célpontja kell legyen a szervezet védekezésének és az ellenanyag-termelésnek. A kórokozó megfelelő részének mRNS-technológiával való leképzése gyorsan tervezhető, így szervezetünk specifikusan ezzel a vírusrészlettel szemben fog fellépni.

*A 2005-ben szabadalmaztatott mRNS-technológia milyen egyéb területen alkalmazható eredményesen? A koronavírus mutációival szemben is bevethető marad-e a vakcina?*

Embereken végzett vizsgálatokban a gyógyszergyártó vállalatok között elsőként alkalmazta az AstraZeneca az mRNS-technológiát. Első vizsgálatukat kardiológiai betegek körében végezték, amikor is érújdonképződéssel próbáltak javítani szívinfarktusos páciensek állapotán. Egy másik vizsgálatban

pedig a cukorbetegéknél fellépő fekélyes bőrsébek gyógyításában alkalmazták szöveti regeneráció céljából a módosított mRNS-t. Más gyógyszerfejlesztő és gyógyszergyártó cégeknél jelenleg is futnak klinikai vizsgálatok, amelyekben különböző kórokozók elleni vakcinák fejlesztése, valamint ritka hiánybetegségek, illetve tumoros betegségek kezelése a célkitűzés.

Fertőzések vonatkozásában az mRNS-technológia nemcsak vakcinálásra alkalmas, hanem bejuttathatjuk a termeltetni kívánt ellenanyag információját is. Ha beadunk egy ellenanyagot kódoló mRNS-t, arról 2-3 óra múlva már olyan mennyiségű fehérje, ebben az esetben tehát ellenanyag termelődhet, amivel védettség alakul ki az embereknél bizonyos kórokozókkal szemben. A kutatók célja tehát olyan mRNS kialakítása, amit azok kaphatnának, akik egy-egy fertőzés szempontjából az első vonalban dolgoznak, mint például a rendőrök, és ilyen módon pár órán belül már védetté is válhatnak az adott kórokozóval szemben. Daganatos betegségek kezelésénél is hasonló elvet alkalmazunk, miszerint ellenanyagot kódoló mRNS-t juttatunk be. Ilyen kutatásokat már a 2000-es évek eleje óta folytatunk. Nagy nehézség viszont, hogy az adott kórállapot részletes megismerése hosszú folyamat. Jelenleg is végzünk klinikai kutatást daganatos betegeknél, intratumoralisan alkalmazva az eljárást. Ez azt jelenti, hogy daganatok, például melanóma esetében egyenesen a daganatos szövetbe lehet injektálni az mRNS-t. Fontos, hogy módosított mRNS-t alkalmazunk, különben más immunválaszt, és ezzel más hatást és eredményt kapunk. Daganatok esetén nagyon sok mutációval lehet számolni, ami nehezíti a megfelelő antitest kiválasztását. Sok szakterületen és sok kutatásban lehet használni a módosított mRNS-módszert, az előbb csupán a legfőbb kutatási területeket vázoltam.

A koronavírus-mutációkkal kapcsolatban megítélésem szerint nagy valószínűséggel az új típusú koronavírus virulensebb változataival szemben is védettséget ad a Pfizer és a BioNTech közös munkájával kifejlesztett vakcina. Fontos hangsúlyozni azt is, hogy az oltóanyagot tovább lehet fejleszteni, hogy alkalmazkodni tudjunk újabb mutációhoz is, ha erre szükség lesz. Természetesen további kutatások szükségesek a kérdés tisztázása érdekében.

*Miként ítéli meg a tudóstársadalom az Pfizer–BioNTech vakcina jelentőségét, hatékonyságát? Nem találkozott szakmai féltékenységgel?*

A Pfizer–BioNTech vakcina jelentőségét és hatékonyságát – úgy vélem – a tudóstársadalom kellő mértékben értékeli és elfogadja az elért eredményeket, habár mindig vannak kételkedők és olyanok is, akik csalást kiáltanak. Az az igazság, hogy eléggé rezisztens vagyok a szakmai féltékenységgel kapcsolatban. Mindig azt tartottam szem előtt, hogy én mit tehetek a tudo-

mány elősegítése, haladása érdekében. Mivel az embereket nem lehet megváltoztatni, sosem foglalkoztam azzal, hogy mások mit csinálnak rosszul. Az számít, hogy én mit tudok tenni a feladat megoldása érdekében. Így végzem a munkámat továbbra is. A legfontosabb, hogy a szakmai féltékenységből eredő problémák ne fertőzzék meg a gondolatainkat. Nekem azt mondta az egyik kedves kollégám, mert ugye az ember a munkája során találkozik ilyen reakciókkal, hogy ezek csak zajok, ezeket el kell engedni a fülünk mellett. Nem kell meghallani őket. Különben nem tudnánk a munkánkra koncentrálni. El lehet képzelni, hogy nem lehet úgy előre jutni, ha örökké odafigyelünk a féltékenységből eredő, nem támogató, kritizáló hangokra.

*Min dolgozik jelenleg professzor asszony?*

Jelenleg a legfőbb kutatási területem ellenanyagokkal kapcsolatos, ezek között több projektet együttműködésben végzünk. Kiemelném a Bill & Melinda Gates Alapítvánnyal történő közös munkát, amelyben olyan hatékony oltásokat fejlesztünk innovatív megközelítésben, hogy azoknak tudjunk segíteni, akiknek a legnagyobb szükségük van rá (URL3). A kutatások a legnagyobb veszélyt jelentő fertőző betegségek megelőzésére és kezelésére irányulnak, eredményeink ezekre nyújthatnak majd megoldást.

*Mit üzen magyar honfitársainak, hogyan viselkedjenek a vakcinával szemben? És mit üzen a vírus- és a vakcinatagadóknak?*

Éveket, évtizedeket áldoztunk fel minden nap az életünkben kutatótársaimmal együtt, hogy a tudományt szolgálva hatékony válaszokat tudjunk nyújtani a felmerülő problémákra. Számos országból származó kollégákkal együtt dolgozunk a közös cél érdekében. Minden releváns információt közzétettünk annak érdekében, hogy a kételyeket és a kétkedő hangokat és gondolatokat eloszlassuk az emberekben. Hogyha ezek után valakinek még mindig valamilyen kételye marad, azzal kapcsolatban nehéz mit tenni. Sajnos vannak olyanok, akik eltökéltek, hisznek valamiben, és azt nem lehet megváltoztatni. Vannak viszont emberek, akik nyitottabbak a tudomány által adott válaszokra. Hiszem, hogy a tudományban a másik ember nézete is nagyon fontos. Tehát ugyanarra a problémára tekintünk, de más-más véleményt fogalmazunk meg a megoldással kapcsolatban. A tudományos fejlődés megkívánja, hogy a mások által megfogalmazott szakmai kritikát meg kell hallani, mert lehet, hogy neki van igaza, és rájövünk, hogy az adott kísérletek nem bizonyítják a hipotéziseinket. A kritika befogadására nyitottnak kell lenni. A tudományban az építő jellegű kritika hozza azt az eredményt, hogy a tudomány egyre krisztálytisztább lesz, és ezáltal képes a fejlődésre és az előrehaladásra. Nagyon

örülnék neki, hogyha Magyarországon is meghallanák az emberek egymás támogató kritikáit, mert aki egy vitában az egyik oldalon van, sokszor csak az adott oldal véleményét és álláspontját hallgatja és hallja meg. Fontos a nyitottság és a megfelelő párbeszéd kialakítása. Ez manapság nagyon hiányzik az emberekből. Azt üzenem magyar honfitársaimnak, hogy figyeljünk arra, hogy mit mond a másik, figyeljünk egymásra. Nagyon jellemző viselkedési forma, hogy amíg a másik beszél, sokan azon gondolkoznak, hogy majd mivel lehet megcáfolni, amit a másik mond. A tudományunkban a releváns szakmai kritika építő jellegű. Az építő kritika pedig a legfontosabb a tudomány fejlődésében, ami utat mutat a megoldások és eredmények irányába.

*Össztársadalmi érdek, hogy minél többen oltassák be magukat a vakcinával. Ön szerint lehet-e, szabad-e rendészeti igazgatási eszközökkel kikényszeríteni az oltást?*

Véleményem szerint senkit nem lehet rákényszeríteni a vakcina elfogadására a világban, így sem Magyarországon, sem az Egyesült Államokban. Mindazonáltal a közösségi életben való részvétel kapcsán ki lehet zárni azokat a személyeket, akik nincsenek beoltva. Gondolok itt példaként az iskolába járás fontosságára, ahol lényeges szempont és össztársadalmi érdek, hogy a gyerekek megkapják az életkori kötelező védőoltásokat. Ezeknek a védőoltásoknak a beadását megköveteli az állam. Akinek nincsenek meg a kötelező védőoltásai, azok a gyermekek nem járhatnak iskolába. Egy másik oldalról megvilágítva a kérdést, jelenleg az utazások tekintetében megkövetelik a két negatív koronavírus teszt bemutatását. Látok arra lehetőséget, hogy hatósági rendelet által csökkentsék a vakcinát megtagadók jogkörét, ami motiválja azt az elhatározást, hogy oltassák be magukat.

*Van-e családi, szakmai, baráti érintettsége a rendőrséggel vagy a rendészeti kutatásokkal kapcsolatban?*

Az unokatestvérem és a férje rendőrök voltak Magyarországon, de ez már régen volt, és nem sokat beszéltek a munkájukról. Annál inkább a jelenlegi kutatócsoportom egyik tagja, Jonas Reinholz, a BioNTech kutatója, aki Andreas Hellmann irányítása mellett folytatott vizsgálatokat nyomtani témakörben a Német Szövetségi Bünyügyi Hivatalnál, valamint a Német Törvényszéki Tudományos Intézetben (URL2). A bünyügyi szakterület iránti érdeklődésem pedig abból fakad, hogy lányom kriminológiából szerzett mesterdiplomát.



## Felhasznált irodalom

---

Gaudillière, J.P. (1996). Molecular Biologists, Biochemists, and Messenger RNA: The birth of a scientific network. *Journal of the History of Biology*, 29(3), 417-445. <https://doi.org/10.1007/BF00127382>

Guyer, R. L. & Koshland, D. E. (1989). „The Molecule of the Year”. *Science*, 246(4937), 1543–1546. <https://doi.org/10.1126/science.2688087>

Martinon, F., Krishnan, S., Lenzen, G., Magné, R., Gomard, E., Guillet, J.G., Lévy, J.P. & Meullien, P. (1993). Induction of virus-specific cytotoxic T lymphocytes in vivo by liposome-entrapped mRNA. *European Journal of Immunology*, 23(7), 1719-1722. <https://doi.org/10.1002/eji.1830230749>

## Az interjúban található online hivatkozások

---

URL1: *The Death of Jesse Gelsinger, 20 Years Later*. <https://www.sciencehistory.org/distillations/the-death-of-jesse-gelsinger-20-years-later>

URL2: *CaDNAP group*. <https://cadnap.org/cadnap-group/>

URL3: *Combat infectious diseases*. <https://www.gatesfoundation.org/>

## A cikk APA szabály szerinti hivatkozása

---

Dános V. & Szabó Cs. (2020). A tudomány fejlődése töretlen! Interjú Karikó Katalin professzor asszonnyal, a módosított mRNS terápiás módszer kidolgozójával. *Belügyi Szemle*, 69(2), 311-319. <https://doi.org/10.38146/BSZ.2021.2.8>