

CHERN-ÉREM

A Nemzetközi Matematikai Unió – amelynek elnöke **Lovász László** akadémikus – és a **Chern-érem Alapítvány** új matematikai díjat alapított a kitűnő kínai matematikus, **Shiing-Shen Chern** emlékére.

A díjat azok a magánszemélyek kaphatják meg, akik a matematika terén egy életen át végzett munkásságuk alapján méltók erre. A díjjal érem jár, valamint 500 ezer USD, amelynek felét a díjazott által megnevezett intézmény kapja a matematika kutatásának, oktatásának, valamint a matematikával kapcsolatos ismeretterjesztés elősegítésére.

A Chern-érmet első ízben 2010. augusztus 19-én, az indiai Hyderabadban, a Matematikusok Nemzetközi Kongresszusának megnyitóján adják át.

INFORMÁCIÓK: A NMU sajtóközleménye: http://www.mathunion.org/fileadmin/IMU/Prizes/Chern/Chern_MedalPress_Release_090601.pdf; Részletek a díj odaítéléséről: http://www.mathunion.org/fileadmin/IMU/Prizes/Chern/Chern_Medal_Program_Guidelines.pdf

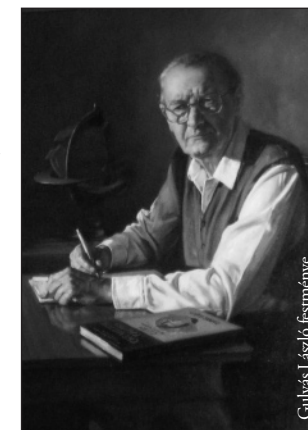


Megemlékezés

2009. április 15-én hosszú szenvedés után elhunyt Gánti Tibor vegyészmérnök, a biológiai tudományok doktora, az ELTE volt címzetes professzora, az élet mibenlétének és keletkezésének kivételes kutatója, a rendszerkémi szellemi atyja. Hamvait kívánságának megfelelően Zebegegy fölött szeretett Dunájába szórtuk. Érdekes és küzdelmes életutat járt be. Meggyőződődésem, hogy néhány évtized múlva életművét – ha életét nem is – diadalmasnak fogja tekinteni az utókor. Ezt az életművet szeretném igen nagy vonalakban felvázolni.

Gánti Tibor iskolás korától kezdve természetbúvár volt: az élőlényektől a barlangászatig minden érdekelt. De nagyon korán elgondolkodott azon is, hogy miként is foghatjuk fel az élet lényegét. Meggyőződésévé vált, hogy a kérdés logikailag a kémiába nyúlik, ezért is ment vegyészmérnöknek. Később észrevette azt is, hogy történetileg is a kémia a forrás; és az élet keletkezése kutatásának legjobb hazai ismerőjévé vált.

Mikrobiológiai ismereteit az Élesztőgyár élesztőlaboratóriumának vezetőjeként (1958–1965) kamatoztatta, majd a REANAL Finomvegyszergyárban dolgozott a biokémiai üzem főmérnökeként (1965–1974). Ebben az időben dolgozott ki és szabadalmaztatott számos



GÁNTI TIBOR
1933–2009

megkönnyítette, hogy korábban röntgenkristallográfiai munkát is végzett. Ezirányú érdeklődése az első, a témáról szóló könyvben (*Forradalom az élet kutatásában*, Budapest: Gondolat, 1966) csapódott le, mely hézagpótló volta miatt például az orvosegyetemen évekig tankönyvként szolgált. Az utolsó fejezet (*Élet és halál*) az eljövendő, alapvető elméleti biológiai munkásságot előlegezi meg. Kevéssel ezután az ELTE-n biológusoknak ipari biokémiát oktatott (1968–1972).

Ezt követően nagy művén, *Az élet princípiuma* (Budapest: Gondolat, 1971) című munkán dolgozik, mely ismeretterjesztő álcában jelenik meg; egyszerűen azért, mert a szerző nem látott reálisnak semmilyen egyéb próbálkozást. A könyv első fele (*Az új adatok*) időszertű összefoglalását adja a molekuláris

ipari termelési eljárást, melyek manapság a „mesterséges anyagcsere” technológiai vonulatába illeszkednek. 1974-es kandidátusi disszertációja (*Ipari szintézisek enzimes reakcióhálózatok irányított működtetésével*) e tevékenység összefoglalója, egyszersmind elméleti kutatásainak egyik alkalmazott hivatkozási pontja. Ipari tevékenységének rövid szüneteiben könyvtárakba járt, így követte a kibontakozó molekuláris biológia eredményeit. Tájékozódását

biológiának (mintegy a korábbi könyv átdolgozott kiadásának tekinthető), míg második fele kifejti azt, amit ma chemoton-elméletként ismerünk, és amit – lassan – így ismer a világ is. Gánti elképesztő intellektuális bátorsággal lándzsát tör amellett, hogy az élet minimális szerveződésében az enzimek nem játszanak alapvető szerepet. E felfogás – Gántinak a molekuláris biológiát magyarázó ismeretterjesztő tevékenységének fényében – nem is kicsit meghökkentő. Felismerése abban áll, hogy az élet alapvető egységének egyszerűnek kell lennie, miközben az ismert enzimek nyilvánvalóan hosszú evolúció termékei. Másként: az enzimek gyorsítanak, szabályoznak bizonyos folyamatokat, de meg kell azt is kérdezni, mi a szabályozott rendszer természete!

Már a *Forradalom az élet kutatásában* című munkában is szerepelt, hogy az életnek kétféle folyamatossága van: az egyik egy irányba hajtja az élő rendszereket (amint az a sejtciklus lépéseiben vagy – általánosabban – az egyedfejlődésben megnyilvánul; s ezt Gánti 1966-ban *főkörnek* nevezte); a másik az anyagcserével és az állandó változás ellenére megmutatkozó állandósággal (a homeosztázissal) kapcsolatos. E gondolatot a *Principium* első kiadásában már az absztrakt kémia nyelvén fejezte ki: a főkört az idealizált templát replikáció, az anyagcsere-folyamatokat egy ciklus jelenítette meg, mely a kiindulási anyagokból a rendszer számára szükséges anyagokat termeli. Mindkét alrendszernek kiemelten fontos sajátossága az autokatalízis, vagyis hogy önmaguk keletkezését katalizálják. Ez a templát replikáció esetében nyilvánvaló volt már akkor is, ám az anyagcserét a kutatók nagy többsége nem tekintette volna autokatalitikusnak. Gánti éveken keresztül vissza-visszatért e kérdésre, és rámutatott, hogy például a Calvin-ciklus vagy a redukzív citromsav-

ciklus autokatalitikus a kismolekulák szintjén (miközben az elemi reakciókat enzimek katalizálják). Az önmagát szaporító „kémiai motor” a chemoton-elmélet egyik sarokköve.¹

Feltűnhet, hogy az ily módon definiált chemoton-modell nem tartalmaz térbeli határoló rendszert (membránt). Gánti eredetileg úgy gondolta, hogy a membrán funkciója jelentőségében másodlagos; valahogy úgy, mint ahogy a papír másodlagos a karajhoz képest. Később Domján Dénes meggyőzte arról, hogy feladja ezt az álláspontot, ámde ehhez még egy fejleményre szükség volt: 1972-ben jelent csak meg a biomembránok folyékony mozaik modellje S. Jonathan Singer és Garth L. Nicholson tollából. Ebből Gánti számára nyilvánvalóvá vált, hogy ki kell egészítenie az eredeti modellt egy harmadik, szintén autokatalitikus alrendszerrel, a membrán idealizált modelljével. 1974-től kezdve chemotonnak már a három alrendszerből álló modellt nevezzük. A chemotonelmélet az élet kémiai alapegységét keresi, és alapvető kifejtése logikai. Más kérdés, hogy Gánti már a kezdetektől hangsúlyozta, hogy mentális ugródeszkát jelent az élet keletkezésének megértésében, amennyiben azokat a kémiai evolúciós utakat kutatjuk, amelyek elvezethettek chemoton-szerű rendszerek spontán megjelenéséhez. Felfogása szerint a makromolekulák szekvenciájában megnyilvánuló információ csak az evolúció későbbi szakaszaiban hasznosult, jóllehet a nukleinsavak már korán a rendszer részei voltak.

¹ Csak mostanában derült ki, hogy ez a felismerés milyen mély. Bioinformatikai vizsgálatokat végeztünk azokon mikroorganizmusokon, melyeknek anyagcserehálózatát úgyszólván teljesen ismerjük. Kivételesen igaz rájuk, hogy az anyagcsere nem indítható be csak az összes gén, enzim és tápanyag jelenlétében; ehhez biztosítani kell az autokatalitikus magot is (és ez a heterotróf szervezetekre is igaz).

Így állt az elmélet a 70-es évek első felében, mikor is Gánti összefoglalta elméleti kutatásainak eredményeit az Akadémiai Kiadó *Studia Biologica* könyvsorozata számára. A kézirat több mint fél évtizedig fekvődt a kezelésére illetékeseknél, mire végre 1979-ben megjelent (igaz, akkor váratlanul és párhuzamosan a baltimore-i University Park Press is kiadta).

Mondhatjuk, hogy Gánti munkáját hazánkban jobbra érdeklenség, értetlenség, gúny és rosszindulat fogadta (melyek közül az értetlenség volt talán a legelviselhetőbb). Nemcsak hogy az elméleti biológia nem kapott még akkoriban polgárjogot, de hajmeresztő volt az is, hogy az alapmodellből kihagyta az enzimeket. Azzal pedig, hogy a modelleket egzaktul is jellemezni kell, akkoriban nem sokan értettek egyet. Pedig Gánti itt is meghökkentő újítással állt elő: feltalálta a körfolyamati sztöchiometriát. Ennek alapgondolata nagyon egyszerű: a szokásos kémiai egyenletekből a katalizátorok (így az enzimek is) kiesnek, hiszen a reakcióban visszaalakulnak. Kvalitatíve úgy kívánják e hibát kiküszöbölni, hogy a reakció nyíla fölé odaírják a katalizátort; ez így viszont nem hordoz mennyiségi információt, nem derül ki, mennyi enzim alakít át mennyi szubsztrátot. Ha viszont mólnyi enzim egy körülfordulás alatt mólnyi szubsztrátot alakít át, akkor egyértelműen beszélünk, de ehhez tényleg szükség van a végrehajtott körülfordulások számára. E gondolatmenet alapján azután sikerült az autokatalitikus ciklusok sztöchiometriájának jellemzése is.

Az elmélet külföldön se járt jobban; talán akkor fogalmazunk frappánsan, ha azt mondjuk, nem értették meg akkoriban, „mi benne a pláne”. Az elméleti biológusok – igen kevés kivételtől eltekintve – az evolúcióval és az

ökológiával foglalkoztak, de nem azzal, hogy kémiai folyamatokat hogy szervezhetünk élővé. Mint látni fogjuk, az utóbbi években a helyzet radikálisan megváltozott, ami a tudományon igen, elhunyt művelőjén azonban már nem segít.

Az értetlenség dacára a munka tovább folyt. 1978-ban megjelent a *Principium* második kiadása, kiérlelt szerkezettel és tartalommal. S ekkortájt kaptak szerepet az elméletben az enzimek; igaz, meglehetősen szokatlan formában. Gánti visszanyúlt Carl Woese, Francis Crick és Leslie Orgel hatvanas évek végi ötletéhez, és a chemotonokban replikálódó templátok evolúciójának irányát azok direkt enzimikus funkciójában jelölte meg. Magyarán, az enzimikus RNS-ek (ma ribozimeknek nevezzük őket) ettől kezdve nagy szerepet kaptak az elméletben. Valójában Gánti két (1979-es és 1983-as) cikkében az „RNS-világ” teljes pompájában jelen van, noha Walter Gilbert „zászlóbontásként” idézett cikke csak 1986-ban jelent meg.

Gánti 1980-ban védte meg nagydoktori disszertációját. A védelem résztvevők számára nagy élményt nyújtott, negatív értelemben is, Keleti Tamás megátalkodott támadó fellépése miatt. Noha a vita nyilvános és zárt részében is visszakozott néhány mozzanatban, mégis nulla pontot adott az értekezésre. Az értekezés így is átment, és Gánti nemsokára címzetes egyetemi tanár lett az ELTE Genetikai, illetve Növényrendszertani Tanszékén (1999-ig); sokan itt tanultunk tőle elméleti biológiát. Az egyetemen Vida Gábor és Simon Tibor támogatták oktató- és kutatómunkáját; státusz szerint az MTA Ökológiai Modellező Csoportjának tudományos tanácsadója volt.

Noha számos tehetséges fiatalat vonzott magához (megkockáztatjuk, ezért sem volt feltétlenül népszerű), megtartani nem tudta

őket; ehhez egyszerűen nem volt elég hajlékony. Ahogy Simonyi Károly írja az egyik tudósról *A fizika kultúrtörténete* című művében, „a saját elméletének foglya” volt, s mindent és mindenkit ebből a szemszögből ítélte meg. Nem értett a mondanivaló különböző használatra történő csomagolásához; ahogy maga is mondogatta, „jó stratégia vagyok, de rossz taktikus”. E kulcsmondat sokat megmagyaráz publikációs nehézségeiből is. „Soha nem tanult meg cikket írni” – mondta róla egy pályatárs, de ezt a kijelentést helyesen kell érteni. Gánti cikkei ugyanis nagyon világosak, csak épp nem tudják „eladni” a koncepciót a gyanakvó olvasók egy részének.

A nyolcvanas években főként két dologgal foglalkozott. Megírta kétkötetes nagy monográfiáját *Chemotonelmélet I–II.* címmel, melyet az OMIKK adott ki (1984, 1989). Főszerkesztője volt a *Térszemle Világa* folyóiratnak, és eközben sok vonatkozásban felrázta, megújította a lapot (1980–1990).

A 90-es években úgy tűnt, az elmélet meghalt, gyakorlatilag senki sem foglalkozott vele. Ekkor hozta létre a *Cogitator* céget, amely – botanikus, zoológus és ökológus szakértők bevonásával – természetvédelmi tanulmányok, jelentések készítésével foglalkozott.

1995-ben jelent meg *Az evolúció nagy lépései* című munka, John Maynard Smith és jelen nekrológ írójának a tollából; ami itt azért fontos, mert e kötetben megkíséreltük beilleszteni Gánti munkáját az őt megillető helyre. Hasonlóan jártunk el a párhuzamos *Nature* szemlecikkekben is. Ettől kezdve a tetszhalott elmélet egyre gyakrabban mutatott életjelenségeket. 2000 környékén többen Gánti munkáinak megjelentetését javasoltuk az Oxford University Pressnek, amire a kiadó szénátusa – a szokásos zártkörű döntési folyamatban – rábólintott. A kötet két korábbi könyv szer-

kesztett változatát, egy további szerzői tanulmányt és a műveket filozófiai és biológiai szempontból értékelő tanulmányokat tartalmaz (James Griesemer, a University of California at Davies filozófiaprofesszora és Szathmáry Eörs tollából). Szinte ezzel egyidőben Mezey Pál sorozatszerkesztő felajánlotta a kétkötetes monográfia angol nyelvű megjelenítését a Kluwer Mathematical and Computational Chemistry sorozatában. Az előkészítő munkák a Budapest Collegiumban folytak, ahol Gánti Tibor egy évig vendégkutató (fellow) volt. Mindkét nagy vállalkozás 2003-ban jelent meg.

Élete utolsó fél évtizedében Gánti a Budapest Collegiumnak a Magyar Űrkutatási Iroda és a European Space Agency által támogatott asztrobiológiai csoportjában mint nagymarosi „bedolgozó” tevékenykedett; tőle származik a koncepció, hogy a marsi sötét dűnefoltokban minden évben néhány hónapig alkalmas életkörülmények lehetnek akár felszínközeli, fotoszintetikus egyszerű élőlények számára. Az idő majd eldönti, hogy tényleg van-e a foltokban élet.

Mint fentebb már jeleztem, nagyot változott a világ. Tavaly európai kezdeményezésre létrejött a rendszerkémia tudománya, amely az autokatalitikus kémiai rendszerek analízisével és szintézisével foglalkozik. Az *in statu nascendi* tudományágat szervező COST-művelet² rendkívül magas pontszámmal végzett a benyújtott pályázatok versenyében, második konferenciája Balatonfüreden lesz idén októberben.³ A kezdeményezés elnöke, Günter von Kiedrowski professzor (Bochum, Németország) Gánti Tibort a kevés alapító atya

² http://www.cost.esf.org/domains_actions/cmst/Actions/Systems_Chemistry

³ <http://www.esf.org/activities/esf-conferences/details/2009/confdetail332.html>

között tiszteli. Ezzel párhuzamosan egymásra jelennek meg azok a közlemények, amelyek munkásságának szellemét követik (néhányat az *Irodalomjegyzékben* idézek).

A legújabb kori tudomány részleges patológiáját mutatja, hogy a hivatkozások még mindig nem tartanak lépést a szóban készséggel elismert intellektuális befolyással. Ennek oka egyszerűen az, hogy a mostani pályázati és publikációs rendszer mintegy rákényszeríti a embereket arra, hogy akkor is eredetinek mutassák magukat, amikor nem vagy nem annyira azok. Ez a viselkedés persze aláássa a szakmai hivatkozás régi, nemes hagyományait is (arra hivatkoznak, aki személyes jóbarát vagy nagy valószínűséggel veszélyes bíráló lehet; a többiek nem igazán számítanak).

Összességében azt mondhatjuk, hogy Gánti szellemi vetése lassanként termőre for-

dul, de a méltó elismerés még várat magára. Ez Gánti Tibornak már mindegy, de a magyar tudományosság számára egyáltalán nem az. Jobb későn, mint soha. Ha jól sejtem, eljön az idő, amikor a chemotonelmélet⁴ a magyar tudomány igen jelentős eredményeként fogják majd értékelni. Gánti érdeklődése és munkássága okán talán a *magister vitae* (kitalált) címre lenne jogosult. Az élet mestereként annak alapjait kutatta, páratlan kitartással és igen szerény támogatással. Életművész biztosan nem volt, a szerencse is inkább csak elkerülte. Viszont az életművészeket el szoktuk felejteni, az élet mestereire pedig sokáig tisztelettel emlékezünk.

Szathmáry Eörs
az MTA levelező tagja

⁴ <http://www.chemoton.com/>

IRODALOM ÉS VÁLOGATOTT PUBLIKÁCIÓK

- Crick, Francis H. C. (1968): The Origin of the Genetic Code. *Journal of Molecular Biology*. **38**, 367–379.
- Gánti Tibor (1966): *Forradalom az élet kutatásában*. Gondolat, Budapest
- Gánti Tibor (1971): *Az élet princípiuma*. Gondolat, Budapest
- Gánti Tibor (1974): A chemoton-elmélet alapjai. *Fizikai Szemle*. **24**, 97–103.
- Gánti Tibor (1975): Organization of Chemical Reactions into Dividing and Metabolizing Units: The Chemotons. *BioSystems*. **7**, 15–21.
- Gánti Tibor (1979): *A Theory of Biochemical Supersystems and Its Application to Problems of Natural and Artificial Biogenesis*. Akadémiai, Budapest–University Park Press, Baltimore
- Gánti Tibor (1979): A prebiológiai evolúció értelmezése a chemotonelmélet alapján. *Biológia*. **27**, 161–175.
- Gánti Tibor (1983): Az összekapcsolások eredete. *Biológia*. **31**, 47–54.
- Gánti Tibor (1984): *Chemotonelmélet I. A fluid automaták elméleti alapjai*. OMIKK, Budapest
- Gánti Tibor (1987): *The Principle of Life*. OMIKK, Budapest

- Gánti Tibor (1989): *Chemotonelmélet II. Az élő rendszerek elmélete*. OMIKK, Budapest
- Gánti Tibor (1997): Biogenesis Itself. *Journal of Theoretical Biology*. **187**, 583–93.
- Gánti Tibor (2003): *The Principles of Life*. With commentaries by James Griesemer and Eörs Szathmáry. Oxford, University Press
- Gánti Tibor (2003): *Chemoton Theory. Vol. I. Theory of Fluid Machineries*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York
- Gánti Tibor (2003): *Chemoton Theory. Vol. II. Theory of Living Systems*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York
- Gánti Tibor – Horváth A. – Bérczi S. – Gesztesi A. – Szathmáry E. (2003): Dark Dune Spots: Possible Biomarkers on Mars? Origins of Life and Evolution of Biospheres. **33**, 515–557.
- Gilbert, Walter (1986): The RNA World. *Nature*. **319**, 818.
- Horváth A. – Kereszturi A. – Bérczi S. – Sik A. – Pócs T. – Gánti T. – Szathmáry E. (2009): Analysis of Dark Albedo Features on a Southern Polar Dune Field of Mars. *Astrobiology*. 9 February 2009. [Epub ahead of print]

- Kun A. – Papp B. – Szathmáry E. (2008): Computational Identification of Obligatorily Autocatalytic Replicators Embedded in Metabolic Networks. *Genome Biology*. **9**, 3, R51.
- Mansy, Sheref S. – Schrum, J. P. – Krishnamurthy, M. – Tobé, S. – Treco, D. A. – Szostak, J. W. (2008): Template-directed Synthesis of a Genetic Polymer in a Model Protocell. *Nature*. **454**, 122–125.
- Maynard Smith, John – Szathmáry Eörs (1995): *The Major Transitions in Evolution*. Freeman & Co., Oxford
- Rasmussen, Steen – Bedau, M. A. – Chen, L. – Deamer, D. – Krakauer, D. C. – Packard, N. H. – Stadler, P. F. (eds.): (2009): *Protocells: Bridging Nonliving and Living Matter*. MIT Press, Cambridge, Ma.
- Orgel, Leslie E. (1968): Evolution of the Genetic Apparatus. *Journal of Molecular Biology*. **38**, 381–393.
- Singer S. J. – Nicolson, G. L. (1972): The Fluid Mosaic Model of the Structure of Cell Membranes. *Science*. **175**, 720–731.
- Szathmáry Eörs – Maynard Smith, John (1995): The Major Evolutionary Transitions. *Nature*. **374**, 227–232.
- Szostak, Jack W. – Bartel, D. P. – Luisi, P. L. (2001): Synthesizing Life. *Nature*. **409**, 387–390.
- Woese, Carl R. (1967): *The Genetic Code*. Harper and Row
- Zhu, Ting F. – Szostak, Jack W. (2009): Coupled Growth and Division of Model Protocell Membranes. *Journal of the American Chemical Society*. 26 March 2009. [Epub ahead of print]



Kitekintés

DOHÁNYZÁS ÉS CUKORBETEGSÉG

A nikotin elősegíti a cukorbetegség előszobáját jelentő ún. inzulinrezisztencia kialakulását – jelentették be amerikai kutatók (Charles R. Drew, University of Medicine and Science, Los Angeles) az Amerikai Endokrinológiai Társaság éves kongresszusán.

A kutatók Dr. Theodore Friedman vezetésével felnőtt egereknek két héten át napi két nikotininjekciót adtak. Az egerek vérében megemelkedett a korizol nevű stresszhormon mennyisége, majd szervezetükben kialakult az inzulinrezisztencia, azt követően pedig a cukorbeteg előtti állapot. Ez utóbbi kettő annak ellenére bekövetkezett, hogy a nikotinkezelés hatására az állatok étvágya csökkent, és le is fogytak. A dohányzás tehát annak ellenére növeli a cukorbeteg kialakulásának kockázatát, hogy egy másik rizikótényezőt, az elhízást csökkenti – elemzik eredményeiket a kutatók. A jelenség feltehetően a nikotin stresszhormonokra gyakorolt hatásával magyarázható.

A kutatók további kísérletek során olyan szert adtak az állatoknak, amely elfoglalta a nikotinreceptorok helyét, így a nikotin hatástalan maradt. A nikotin agonistával így kezelt állatoknál a vérben csökkent a stresszhormon szintje, és az inzulinrezisztencia mértéke is kisebb lett. Friedmanék szerint esély van olyan gyógyszerek kifejlesztésére, amelyek a dohányosokat segít megvédeni a cukorbetegségtől.

medlineplus.com, 06. 11.

A DOWN-KÓR ÉS A GÉNEK

Az amerikai Diana Bianchi (Tufts Medical Center, Boston) munkatársaival magzati géneken vizsgálta a Down-szindróma tüneteinek lehetséges genetikai hátterét. A kutatók Down-szindrómás és egészséges magzatok magzatvizéből származó sejtek örökletes anyagát tanulmányozva 414 olyan gént találtak, amely másként működött a beteg, mint az egészséges magzatokban. Érdekes, hogy ezen gének nagy része nem a 21-es kromoszómán helyezkedik el, pedig a Down-szindróma oka, hogy ebből a kromoszómából kettő helyett három van.

A 414 azonosított gén nagy része az ún. oxidatív stressz jeleit mutatja, amely akkor következik be, amikor szabadgyökök hatására károsodás következik be a sejtekben.

Az oxidatív stresszt már korábban is összefüggésbe hozták a Down-kórral. Bianchiék szerint az oxidatív stressz ezen géneken keresztül szerepet játszhat a Down-kór bizonyos tüneteinek, például az abnormális méretű agy kialakulásában.

A kutatók következtetése szerint olyan gyógyszereket kellene fejleszteni, amelyek a gének működését megváltoztatva csökkentik az oxidatív stresszt, s így már a magzati életben megkezdődhetne valami olyan kezelés, amely születés után mérsékli a Down-kór tüneteit.

Proceedings of the National Academy of Sciences (DOI:10.1073/pnas.0903909106)