

**A hegesztéskor keletkező füst biológiai hatásainak vizsgálata egér  
modellen különös tekintettel a volframelektródás argon védőgáz  
(TIG) hegesztésre, az ózon és tórium kibocsátásra és a "metal  
fume fever" szindrómára**

Záró kutatási jelentés

Vezető kutató: Dr. Kóvágó Csaba<sup>1</sup>

Résztevő kutatók: Lehel József<sup>1</sup>  
Májlinger Kornél<sup>2</sup>  
Üveges Márta<sup>3</sup>  
Dr. Bartha András<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Állatorvostudományi Egyetem

<sup>2</sup>Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

<sup>3</sup>Szent István Egyetem

## Bevezetés

Kísérleti programunkban a hegesztés során felszabaduló füst és bizonyos gázok emlős szervezetre gyakorolt hatásait kívántuk vizsgálni. A kísérleteink során kombinálni kívántuk az állatkísérletes módszereket és a hegesztési füst- és gázok előállításának leginkább a valósághoz közelítő eljárásait annak érdekében, hogy eredményeink majdan a leginkább reprezentálni legyenek képesek a hegesztő szakmunkásokat érő expozíciót, és annak hatásait. Vizsgálataink tárgyául a bevont elektródás kézi ívhegesztési- (MMA, 111) és az argon védőgázos volfram elektródás kézi ívhegesztési (TIG, 141) technológiákat választottuk, mivel ezek az iparban gyakran alkalmazott hegesztési eljárások, de szemben a MIG/MAG technológiákkal, ezek biológiai hatásait talán kevesebbet vizsgálták eddig. Elsősorban a hegesztés közben keletkező füst fém-fémoxid komponenseinek a szervezetben való, időbeni és térbeni megoszlása érdekelt minket, de a kísérletek közben igyekeztünk a lehető legtöbb adatot mérni és regisztrálni annak érdekében, hogy a későbbi analízis során az esetleges, kevésbé szembetűnő jelenségeket is fel tudjuk ismerni.

Vizsgálati programunk másik nagy témaköre volt a „metal fume fever”, magyarul az öntőláz kórfejlődésének vizsgálata. A múltban számos humán vizsgálat történt már a betegség kórfejlődésének leírása érdekében, de ezek, jellegüknél fogva nem biztosítottak elegendő- illetve megfelelő biológiai mintát a vizsgálatokhoz. Saját kutatásunkban alapvető célunk volt a betegség állatmodelljének felállítása, és olyan biológiai minták vétele, melyek a kórfejlődés hátterébe mélyebb betekintést adhatnak, de humán vizsgálatokban nem beszerezhetőek. Ennek keretében meg kívántuk vizsgálni az öntőlázra érzékeny egyedek részarányát a kísérleti állatok (BALB-C egér, *Mus musculus*) populációjában, és összehasonlítani ezt az adatot a humán incidenciával.

További célunk volt a hegesztés közben keletkező, és a hegesztőkre nézve meglehetősen káros ózon eliminációjára új, a légzésvédelemben eddig nem alkalmazott, és a jelenlegi technológiáknál előnyösebb módszert kifejleszteni. Kutatásunk ezen iránya siker esetén gyorsan és egyszerűen átvihető ipari alkalmazásba.

Mint látható, kutatási programunk magas fokban interdiszciplináris jellegű, abban mind az orvosi-biológiai, mind pedig az ipari fejlesztés és kutatás jelentős helyet foglalt. A továbbiakban igyekszünk kísérleti eredményeinket röviden összefoglalni.

## Füstbelélegeztetési kísérlet

A különböző hegesztési módszerek, és különböző acél alapanyagok felhasználásával inhalációs expozíciót követően nyomon követtük a vas (Fe), a mangán (Mn), a kalcium (Ca) és a magnézium (Mg) eloszlását egerek tüdejében, lépében, májában és veséjében.

A kutatási tervben szereplő állatkísérletek elvégzését követően a szervminták analitikai feldolgozása során a biológiai sokféleség miatt egyes mintákat nem tudtunk lemérni és így viszont a megmért minták számának csökkenése a kapott eredmények értékelhetőségét bizonytalanná tette. Ezért a szakmailag megbízható statisztikai értékelés érdekében egyes részfolyamatok/kísérletek megismétlését tervezzük az idő- és anyagi források függvényében annak érdekében, hogy a szükséges minták elkészüljenek és vizsgálhatóak legyenek a teljes kísérlet kiértékeléséhez. Az egyes kiválasztott kísérleti csoportoknál megismételtük az állatkezeléseket és így a kapott minták analitikai vizsgálatát.

A kutatás előzetes eredményeit az Environmental Science and Pollution Research című folyóiratban (IF: 4,223, Q1) publikáltuk:

Kövágó, C., Szekeres, B., Szűcs-Somlyó, É. et al. Preliminary study to investigate the distribution and effects of certain metals after inhalation of welding fumes in mice. Environ Sci Pollut Res 29, 49147–49160 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19234-7>

Az eredmények további kiértékelése jelenleg is folyamatban van, de azt már megállapítottuk, hogy a hegesztési füstből származó mangán a tüdőn keresztül történő felszívódása jelentős, és több szervbe (lép, agy) mérhető mennyiségben eljut. Ez igen fontos információ, mivel a mangán számos károsító hatással rendelkezik, és így orvosi és munkaegészségügyi szempontból is indokolható a mangánterhelés munkaegészségügyi határértékeinek szigorítása.

Együttműködésbe léptünk az Állatorvostudományi Egyetem Élettani és Biokémiai Tanszékének munkatársaival és Neurofiziológiai, Neuromorfológiai Kutatócsoportjával, ahol Kiss Dávid Sándor docens vezetésével sikerült valós idejű PCR vizsgálatokkal megállapítani, hogy az MMA-szerkezeti acél kezelési csoport esetében az agy különböző területein (agykéreg, hipotalamusz, talamusz, kisagy, szaglólagyma) eltérő bizonyos hormonreceptorok (pajzsmirigy-hormon receptor  $\alpha$  és  $\beta$ , ösztrogén-hormon receptor  $\alpha$  és  $\beta$ ) kifejeződésének mértéke a kontroll mintákhoz képest változik, és az egyes mintavételi időpontok között is tapasztalható változás bizonyos esetekben. Az adatokat összehasonlítottuk a Kutatócsoport

korábbi kutatási eredményeivel, amelyek az arzén endokrin diszruptor hatásait vizsgálták. Ekkor kiderült, hogy a belélegzett hegesztési füst több ponton hasonló változásokat eredményezett, mint az arzén, így felvetődött a hegesztési füst összetevőinek (Mn, Fe, stb.) lehetséges endokrin diszruptor képessége. Az adatok gondos analízise során viszont arra a következtetésre jutottunk, hogy a füst belégzését követő endokrin változások nagy valószínűséggel az agy bazális ganglionjaiban kialakuló gyulladás következményei. Ezt a hipotézist alátámasztják azon irodalmi adatok, amelyek szerint a hegesztési füst mangántartalma a bazális ganglionokban kumulációra- és gyulladás kiváltására képes. Mint azt a fenti cikkünkben leírtuk, az MMA hegesztési technológia alkalmazása során igen jelentős mangánterhelést mutattunk ki a kísérleti állatok szervezetében, így ezen kísérletes adat is alátámasztja a hipotézisünket. A vizsgálatot összefoglaló cikk kéziratának elkészítése folyamatban van.

A fenti kísérlet keretein belül kiemelt figyelmet szenteltünk a TIG hegesztés során keletkező radioaktív tórium mennyiségének és annak sugárbiológiai, illetve egészségügyi kockázatainak vizsgálatára a tüdőben. E célból WT40 típusú, 4%-os ThO tartalmú elektródákat alkalmaztunk a kezelések során, és az analitikai vizsgálatokban megpróbáltuk meghatározni a tórium mennyiségét. Tekintettel arra, hogy a tóriumizotóp, amelyet az elektródák gyártásakor használnak, alfa-sugárzást bocsát ki, annak használata egészségügyi kockázatot jelenthet a hegesztők számára (bár a sugárzás pozitívan befolyásolja az elektróda elektromos tulajdonságait és a hegesztési ív stabilitását). A füst inhalálási kísérletek után tüdőmintákat küldtünk alfa-sugárzás- és spektroszkópia vizsgálatra a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Nukleáris Technikai Intézetének Atomenergetikai Tanszékére, Dr. Szalóki Imre docens úrnak, akinek a segítségét ezúton is szeretnénk megköszönni. A mintákon végzett vizsgálatok azt mutatták, hogy azokban a háttérsugárzásnál magasabb alfa-sugárzást nem lehetett mérni a kezelések után, bár a párhuzamosan elvégzett vegyi vizsgálatok kimutatták a Th jelenlétét, habár nagyon kis mennyiségben. A mintákat egy alkalommal végzett füstkezelés után gyűjtöttük össze, így a tórium esetleges kumulációját nem állt módunkban vizsgálni. Kísérleteink eredményeiből azonban levonhatjuk azt a következtetést, hogy a TIG hegesztés során még a nagyobb, 4% ThO-t tartalmazó elektróda használata esetén is csak minimális sugárterhelés éri a hegesztőt munka közben rövid távon. A megfelelően kivitelezett helyi elszívás és szellőztetés ezt a terhelést tovább képes mérsékelni. Az eredményekből és a téma irodalmának feldolgozásából készített szakdolgozatát Bodgál Petra, állatorvos-doktor szakos hallgató, „A tórium kinetikája a szervezetben, különös tekintettel a nanorészecskékre”-címmel

(<http://www.huveta.hu/handle/10832/2995>) 2020. novemberében leadta, és 2021. év tavaszán a szakdolgozat sikeresen megvédésre került.

## Ózon-szűrési kutatás

A kutatási tervben a tervezett ózon lebontási és -szűrési lehetőségeket alaposan megvizsgáltuk. A kutatás során csatlakozott a KL-System Kft (Cegléd, Magyarország) és hozzájárult egy hatékony szűrőrendszer kifejlesztéséhez. A vállalat fő tevékenysége az ipari szellőztetési és légszűrési rendszerek tervezése, forgalmazása és telepítése, ideértve az egyéni légzésvédelmi eszközöket is. Az együttműködésünk eredményeként sikerült olyan katalizátor anyagot találnunk, amely hatékonyan lebontja az ózont. Ez a katalizátor anyag alkalmas az egyéni védőeszközökben használható szűrőbetétekhez, és olyan módon és méretekben készült, amelyek lehetővé teszik a legkisebb és legkönnyebb szűrőházak kialakítását. Jelen innovációnkban az új szűrőszelencét a CleanSpace motoros rásegítéses egyéni légzésvédelmi készülék (CleanSpace Technology, Sydney, Ausztrália) rendszerébe integráltuk. A kísérleti méréseket sikeresen elvégeztük, amelyek segítségével meghatároztuk a leginkább hatékony ózoneltávolítást lehetővé tevő technikai paramétereket. A prototípus esetében 2 ppm koncentrációban jelenlévő ózon teljes egészében lebontásra került a szűrőben, így a védett oldalon ózonmentes levegő jelent meg. Az eszköz prototípusa elkészült, és bemutatásra került a KL-System Szakmai Napján, Kecskeméten, 2021. június 24-én. Mivel a partner a jövőben kereskedelmi forgalomba kívánja hozni a terméket, további információkat a termék technológiai adatairól és felépítéséről nem oszthatunk meg. Így kijelenthetjük, hogy kutatásunk ezen területe ipari hasznosításba került. Az eszközt az alábbi képeken mutatjuk be (1-3 ábra).



1. Ábra: A felhasznált katalizátor anyag és az elkészült szűrőszelence prototípusa



2. Ábra: A szűrőszelence integrálása a CleanSpace egyéni légzésvédelmi eszköz rendszerébe



3.. Ábra: A szűrőszelence összekapcsolva a CleanSpace egyéni légzésvédelmi eszközzel, viselési helyzetben

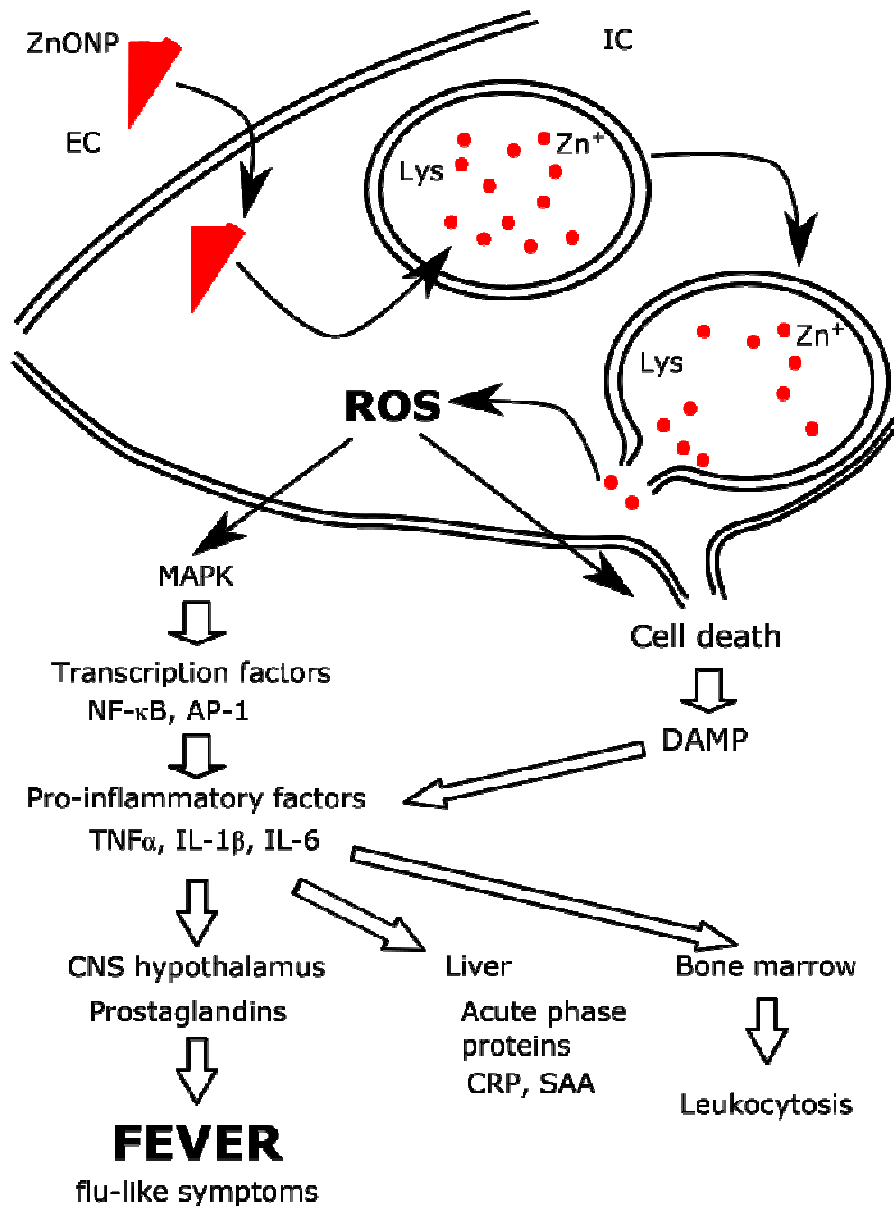


## Metal fume fever / Öntőláz kísérlet

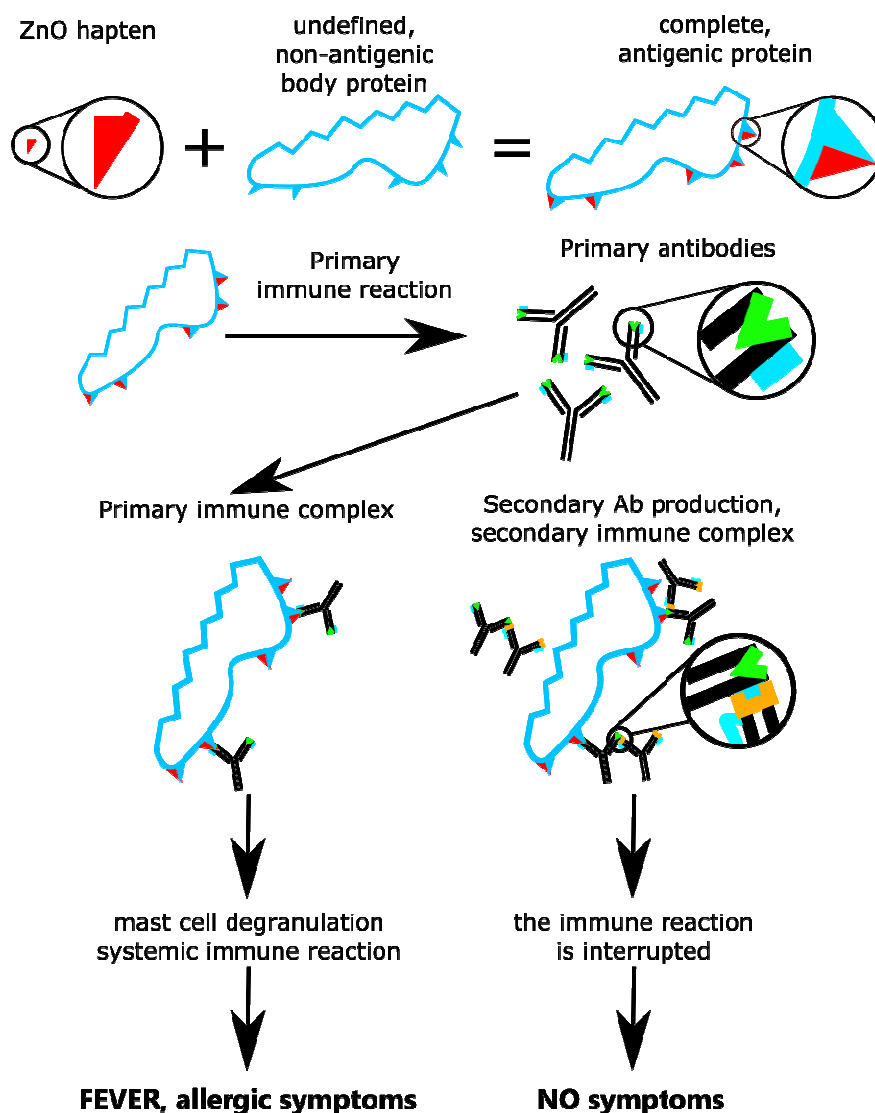
Elvégeztük az öntőláz kísérlet állatfázisát, és végrehajtottuk az állatok frissen elégetett cink-oxidos inhalációs kezelését, mivel ez a módszer sokkal jobban megközelíti a humán expozíciós viszonyokat, mint az egyéb, a szakirodalomban leírt beadási módszerek. Elvégeztük a kezelt kísérleti állatok tüdejének és a hörgő körüli nyirokcsomóknak a gyűjtését az utolsó kezelést követő 3 és 12 óra múlva, és elvégeztük a minták kvantitatív PCR rendszerben történő feldolgozását. A mérések során 252 gén aktivitását vizsgáltuk meg a gyulladáshoz kapcsolódó citokinek és receptorok, a p53 tumor-suppresszor rendszer és az oxidatív stressz vonatkozásában. A kezelt állatok eredményeit a kezeletlen kontrollokkal hasonlítottuk össze. Egy irodalmi összefoglaló cikk megjelentetésre került az alábbiak szerint (Impakt faktor: 5,572, Kvartilis besorolás: Q1):

Éva Szűcs-Somlyó, József Lehel, Kornél Májlinger, Márta Lőrincz, Csaba Kővágó, „Metal-oxide inhalation induced fever - Immunotoxicological aspects of welding fumes” Food and Chemical Toxicology, Volume 175, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.113722>.

Közleményünkben összefoglaltuk az öntőláz kórfejlődésének főbb pontjait, és a kiváltásáért felelősnek tekintett oxidatív stressz, illetve immunológiai folyamatokat a szakirodalom alapján. A 4 és 5. ábrán látható az oxidatív stressz és az immuno-allergiás kórfejlődési hipotézis összefoglalása.



4. Ábra: Az öntőláz kialakulásának oxidatív-stressz alapú hipotézise a szakirodalom alapján összefoglalva



5. Ábra: Az öntőláz kialakulásának immuno-allergiás alapú hipotézise a szakirodalom alapján összefoglalva

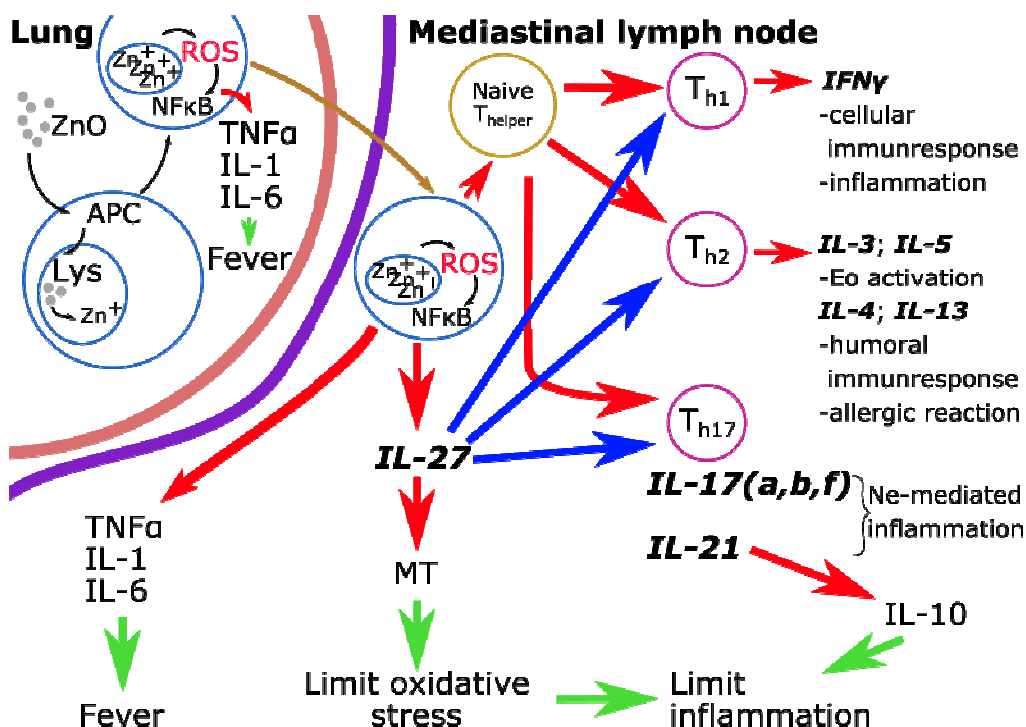
Fontosnak tartjuk megemlíteni, hogy ismereteink szerint a világon először alkalmaztunk az állatkísérlet során a betegségre való érzékenység-vizsgálatot (és a kísérletet csak az érzékenyek bizonyult egyedekkel végeztük el, ezek a vizsgált populáció 30%-át tették ki, hasonlóan a humán adatokhoz). Emellett először használtuk a világon a vizsgálatokhoz a tüdőszöveten kívül a mellkasi nyirokcsomókat is. Véleményünk szerint ezek a körülmények jelentősen segítették azt, hogy az eddigi kutatások eredményeinél lényegesen mélyebb betekintést nyertünk a kórfolyamat hátterébe.

Az eredmények kiértékelése során fontos felismerésekre került sor. A korábbi szakirodalmi közlésekben alig néhány gyulladáscsökkentő citokin mennyiségének változását mutatták ki az

öntőlázás esetek vizsgálata során. Ezek leginkább az IL-6, IL-1, és a tumor nekrozis faktor-alfa (TNF- $\alpha$ ) voltak. Ezzel szemben eredményeink szerint számos, eddig nem vizsgált gyulladáshoz és p53 tumor szuppresszív gén aktivitásának nagymértékű változását mutatják.

Ezeket a génexpressziós változásokat elsőként észleltük, és így nekünk van először lehetőségünk leírni a szakirodalomban. Ennek érdekében a gyulladásban szereplő gének vizsgálati eredményeinket tartalmazó kéziratunk „Immune Response to Zinc Oxide Inhalation in Metal Fume Fever – Is the IL-17f the missing link?” –címmel benyújtásra került a Scientific Reports c. folyóirathoz (Impact faktor: 4,997, kvartilis besorolás: D1) (DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2750081/v1>); a kézirat jelenleg elbírálás alatt áll.

Kísérleteink legfontosabb eredménye az, hogy méréseinkben számos egyéb, eddig le nem írt immunológiai citokin gén expressziójának változása mellett felismertük az interleukin 17f (IL-17f) gén aktivitásának a kontrollhoz igen jelentős mértékű növekedését a ZnO-belélegzés hatására. Ismert, hogy az öntőláz kórfejlődésének szempontjából nincs egyetértés a kutatók között. Két versengő elmélet létezik, az egyik az oxidatív stresszt teszi felelőssé az öntőláz előidézésében, a másik szerint a betegség hátterében a ZnO által kiváltott immunológiai-allergiás hatásokkal magyarázza a kórfolyamatot. Az IL-17f interleukin a szakirodalmi adatok szerint kapcsolatot teremt az oxidatív stressz folyamatok és az immunrendszer aktivációja között. A vizsgálatainkban megállapított IL-17f génexpresszió növekedés tehát arra utal, hogy a kórfejlődésben mindkét folyamat (az oxidatív stressz és az immunológiai események) részt vesz, de eltérő időben. Ezáltal a két versengő hipotézis az eredményeink szerint legalábbis részben egyesíthető. Emellett az IL-27 gén aktivációját is dokumentáltuk, amely (ahogy az a 6. ábrán is látható) számos ponton beavatkozik a folyamatba, és csökkenti a kialakuló gyulladás mértékét, ezzel magyarázni tudjuk a betegségnek a gyors, spontán gyógyulását. A pontos hatásmechanizmus teljes felderítéséhez természetesen további kutatások szükségesek, de fenti eredmények jelentős előrehaladást jelentenek, és ismereteink szerint a világon elsőként sikerült ezeket a génexpressziós változásokat kimutatnunk kísérletes körülmények között. Az eredményeinket és a szakirodalmi adatokat együtt értelmezve az 6. ábrán látható regulációs folyamat javasoljuk elfogadásra, amelyben összefoglaljuk azokat az eddig már ismert, és a kísérleti eredményeinkből kiolvasott folyamatokat, amelyek együttesen felelősek lehetnek az öntőláz tünetegyüttesének kialakulásáért.



6. Ábra: Az öntőláz kialakulásában szerepet játszó immunológiai folyamatok a saját eredményeinkből levont konklúzió szerint. A vörös nyilak aktivációt a kék nyilak gátló szabályozást jelentenek, a zöld nyilak a folyamatok végeredményét mutatják. ROS: reaktív oxigén gyökök; APC: antigén-prezentáló sejt; Eo: eozinofil granulocita sejt; Ne : neutrofil granulocita sejt; Lys: lizoszóma; MT: metallothionein fehérje

További fontos eredményünk az, hogy kimutattuk a kezelés után a p53 tumor szuppressziós géncsalád számos tagjának aktiválódását. Amellett, hogy ezeknek a géneknek az elsődleges funkciója a szervezeten belül a sejtek kóros elfajulásának felismerése-kijavítása, illetve szükség esetén a célsejt eliminálásának elindítása. Számos tagja ennek a géncsaládnak a sejt örökítőanyagának (DNS) sérüléseit, töréseit ismeri fel, ilyen pl. a BRCA1 és BRCA2 gének. Vizsgálataink szerint a kezelés után 12 órával az említett gének expressziós rátája jelentősen emelkedett. A gének által kódolt fehérjék kifejezetten a sejtek kettős szálú DNS töréseit ismerik fel és kísérelik meg ezek kijavítását. Ez a felfedezés arra utal, hogy a ZnO-belégzés hatására a szervezetben jelentős számú sejtben bekövetkezik a kettős szálú DNS törése, amire reagál a p53 rendszer. Mivel ez a DNS-károsodás jól magyarázható a ZnO által a szervezetet érő oxidatív stresszhatással, így az említett felismerés jól beleillik az öntőláz kórfolyamatának magyarázatába.

## Egyéb, a kutatás során kapott eredmények

A kísérletek és kezelések végrehajtása során prioritást élvezett a kísérleti feltételek és paraméterek folyamatos nyomon követése. Ez elsősorban a kísérletek reprodukálhatóságának biztosítása érdekében történt, másrészt reményünk szerint ezeknek az adatoknak az elemzése új tudományos eredményeket eredményezhet. Egy ilyen paraméter a hegesztés során a hegesztési füstben és a hegesztési területen, valamint a hegesztő légzőzónájában levő NO<sub>2</sub> gáz koncentrációja. Az adatelemzések során arra a következtetésre jutottunk, hogy ez a káros gáz felhalmozódik a hegesztés során a hegesztő környezetében és egy dinamikus egyensúlyi koncentrációt ér el az idő előrehaladtával. A mérési eredmények alapján a koncentráció mértéke függ a hegesztés intenzitásától (ívhossz, áramerősség), a munkaterület légtérfogatának méretétől és a szellőzés mértékétől, azonban teljesen független a helyi elszívó rendszer működésétől. Ez érthető, hiszen ezekben az eszközökben általában csak részecskeszűrőket használnak, amelyek nem alkalmasak a gázok eltávolítására, bár ez nem is a céljuk. Jelenlegi eredményeink alapján feltételezzük, hogy az NO<sub>2</sub> gáz koncentrációjának időbeli változása leírható egy egyrekeszes toxikokinetikai modellel, ami jól ismert a toxikológiában és a gyógyszerteranban. Ennek a modellnek a pontos kidolgozásához azonban további, az eddigiektől eltérő beállítási paraméterekkel kell kísérleteket végezni. A modell függetlenül biztosak vagyunk eredményeink alapján abban, hogy egy hegesztési munkahelyen a dolgozók légzészvédelme érdekében egyformán fontos a helyi elszívás és a központi, teljes légcserés szellőztetés együttes alkalmazása. Ez az információ megosztásra került a Hegesztés Munkavédelme Szakmaközi Bizottsággal.

## Összefoglalás

A jelen kutatási jelentésünkben rögzített eredményeink alapján kijelenthetjük, hogy a célkitűzéseink között szereplő mindegyik fő pontban sikerült jelentős előrehaladást elérnünk. Az eredeti vállalásokon felül az öntőláz témájában sikerült PhD témát indítani és erre hallgatót felvenni dr. Szűcs-Somlyó Éva személyében. A hallgató az Állatorvostudományi Doktori Iskola elvárásainak megfelelő ütemben halad a téma kidolgozásával, és a publikációs aktivitása is megfelelő, ahogyan az az alábbi adatokból is látható.

Bár a kutatási periódusban bekövetkezett járványhelyzet rövidebb időre megakasztotta a terveknek megfelelő haladást, úgy ítéljük meg, hogy az elvégzett munka végül is meghozta a tervezett eredményeket és vállalásaink nagy részét teljesíteni tudtuk. Különösen fontosnak ítéljük az ipari hasznosításra került ózonszűrő projektet illetve az öntőláz kórfejlődésének vizsgálatával elért, a világon egyedülálló eredményeinket. Emellett a kutatások során igyekeztünk kapcsolatokat építeni az ipar szereplőivel, hogy ezúton is friss és releváns adatokat szerezzünk a hegesztéssel összefüggésbe hozható egészségügyi- és környezetvédelmi problémákról, illetve, hogy oktató-ismeretterjesztő munkánkkal segítsük a dolgozók egészségvédelmének fejlesztését. Hazai tevékenységünkön felül képviseltük Hazánkat a Nemzetközi Hegesztési Intézet C-IIIIV – as (Egészség, Biztonság, Környezetvédelem) bizottságában, a 2018-2023-as időszakban, megosztva kutatási eredményeinket a külföldi szakértő kollégákkal és itthon terjesztve a kollégák által a bizottságban elmondott információkat. A szokásos éves Közgyűlés és Konferencia alkalmáról a Hegesztéstechnika c. folyóiratban évente beszámolókat készítettünk, illetve a Hegesztés Munkavédelme Szakmaközi Bizottságban igyekeztünk a magyar gyakorlatra átültetni a megismert információkat. Figyelemmel az elért eredményeinkre, kérjük a tisztelt NKFIH-t hogy kutatási programunkat sikeresnek elismerni szíveskedjék.

Ezúton is szeretnénk kifejezni mindazon kollégák segítségét, akik az Állatorvostudományi Egyetemen, a Budapesti Műszaki Egyetemen, a Szent István Egyetemen segítették a munkánkat, és mindazon ipari partnerek segítségét, elsősorban a KL-System Kft, a Linde Gáz Magyarország Zrt, a Messer Hungarogáz Kft részéről, amellyel elősegítették a kutatási munka magas színvonalú elvégzését!

Megvédett diplomadolgozat és TDK

Fémek farmakokinetikájának változása a részecskeméret függvényében állatmodellben vizsgálva

Szekeres Barbara Gabriella biológus BsC szakos hallgató, 2019 Budapest TDK dolgozat

Fémek farmakokinetikájának változása a részecskeméret függvényében állatmodellben vizsgálva (<http://huveta.hu/handle/10832/2485>)

Szekeres Barbara Gabriella biológus BsC szakos hallgató, 2020 Budapest Szakdolgozat

A tórium kinetikája a szervezetben, különös tekintettel a nanorészecskékre

(<http://www.huveta.hu/handle/10832/2995>)

Bodgál Petra állatorvos-doktor szakos hallgató, 2020 Budapest Szakdolgozat

Literature review on Metal Fume Fever: a critical review of the theories of pathomechanism

(<http://huveta.hu/handle/10832/3127>)

Camille Lemal állatorvos-doktor szakos hallgató, 2021 Budapest Szakdolgozat

Comparative study of aerosol particles affecting rodents and humans

Vilde Amalie Fon Mathisen állatorvos-doktor szakos hallgató, 2022 Budapest Szakdolgozat

A cink-oxid által indukált immunológiai reakciók kiváltása egér állatmodellben

Tóth Fruzsina állatorvos-doktor szakos hallgató, 2022 Budapest Szakdolgozat

Respirábilis fém-oxid belégzés hatása egyes hormonreceptorok agybeli transzkripciójára *in vivo* egér modellben

Di Gennaro Plósz Kinga Anna állatorvos-doktor szakos hallgató, 2022 Budapest TDK dolgozat



## Akadémiai beszámolók

Kővágó Csaba, Májlinger Kornél, Lehel József: Ívfény által keltett szervesetlen emisszió toxikokinetikájának vizsgálata állatmodellben. 2019.  
[https://vmri.hu/files/fuzetek/elettan\\_es\\_biokemia\\_gyogyszertan\\_es\\_toxikologia\\_ab20190121.pdf](https://vmri.hu/files/fuzetek/elettan_es_biokemia_gyogyszertan_es_toxikologia_ab20190121.pdf)

Di Gennaro Plósz Kinga Anna, Kiss Dávid Sándor, Kővágó Csaba: Respirábilis fém-oxid belégzés hatása egyes hormonreceptorok agybeli transzkripciójára in vivo egér modellben.2022. <https://vmri.hu/files/fuzetek/2022-elettan-biokemia-kortan-gyogyszertan-toxikologia-morfologia.pdf>

Szücs-Somlyó Éva, Lőrincz Márta, Kővágó Csaba: A fém-oxid inhaláció immuntoxikológiai hatásai - saját vizsgálatok az irodalmi adatok tükrében.2023.  
<https://vmri.hu/files/fuzetek/2023-immunologia-bakteriologia-virologia-v2.pdf>

Fizély-Kovács Fanni Barbara, Kiss Dávid Sándor, Máthé Domokos, Kővágó Csaba: A rágcsálók légzési paramétereinek változásai a belélegzett respirábilis részecskék méretének függvényében.2023. <https://vmri.hu/files/fuzetek/2023-elettan-biokemia-kortan-gyogyszertan-toxikologia-morfologia-v2.pdf>