

CSABA GYÖRGY

# Az ember neme

## Második rész

### Hormonszennyezés: az endokrin dizruptorok

A múlt század közepén ismerték fel, hogy környezetünkben számos olyan anyag (molekula) van, melyek kémiai szerkezetükben hasonlítanak egyes, az emlősök (így az ember) szervezetében jelen lévő (és funkcionáló) hormonokra, melyek bejutva az emberi szervezetbe, befolyásolják annak endokrin (hormonális) rendszerét, általában károsítva azt. Ezeket az anyagokat nevezzük *endokrin dizruptoroknak* (ED). Hatásuk létrejöhet: 1. a szervezetben lévő természetes hormon receptoraihoz kapcsolódva, így a természetes hormon hatását utánozva; 2. ugyancsak a receptorokhoz kapcsolódva, de nem mutatva a jellegzetes hormonhatást, éppen ellenkezőleg, gátolva a természetes hormon kapcsolódását, így gátolva a hormon hatását; 3. az egyedfejlődés kritikus periódusában kapcsolódva a receptorhoz hibás hormonális imprintinget hozva létre; 4. gátolva a természetes hormon, vagy hormonreceptor létrejöttét (**1. ábra**). Kis mennyiségű endokrin dizruptor is kiválthat jelentős hatást, és folyamatos jelenléte esetén fel is halmozódhat, ami a hatásereosséget fokozhatja.

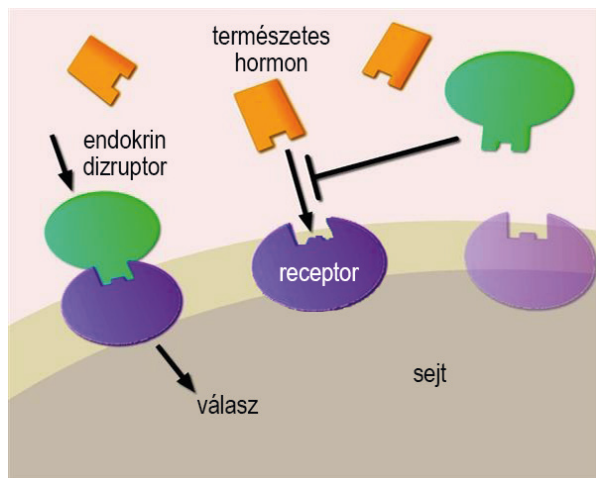
Nem véletlen, hogy éppen az ipari fejlődés előrehaladtával ismerték fel az endokrin dizruptorokat és jelentőségüket, ugyanis ekkorra szaporodtak fel minőségileg és mennyiségileg úgy, hogy népegészségügyi problémát okoztak. Az iparban használatos szintetikus endokrin dizruptorok (1. csoport) felismerése ugyanakkor magával hozta, hogy a kívülről az emberi (állati) szervezetbe kerülő természetes dizruptorok (2. csoport) is vizsgálatra kerüljenek. Ez utóbbiak viszont már ősidők óta jelen vannak az emberi táplálkozásban, csak ebből a szempontból korábban nem vizsgálták meg őket. Az 1. csoport tagjai – a teljesség igénye nélkül – egyes mezőgazdasági rovarölő szerek (a legismertebb a DDT) és növényvédők szerek, az iparban széleskörűen felhasznált anyagok (például a dioxinok vagy poliklórozott bifénilek), illetve a ftalátok és fenolok (legismertebb a bisphenol-A), de ide tartoznak az

autók kipufogóiból, vagy a dohányfüstből a léghőbe kerülő benzpirén és dioxin (TCDD) is. A 2. csoportba sorolandók az ún. fitoösztrogének, mint amilyen a szójababban lévő genistein és daidzein vagy a coumestrol, és egyes toxikus gombák termékei, de a zsírban oldódó vitaminok is, elsősorban az A- és D-vitamin. Egy 3. csoportot alkothatnak az ember által szintetizált gyógyszerek, mint amilyen a katasztrofális hatású dietilstibösztról (DES) volt, vagy a jelenleg is forgalomban lévő fogamzásgátló tabletták és azok bomlástermékei.

### Az ED-hatás fejlődési fázis függősége

Mint az előző cikkben láttuk, az ember neme és annak normalitása vagy abnormalitása alapjaiban az embrionális és magzati időszakban dől el, azonban ennek meghatározódása a születéssel nem fejeződik be. A nemi magatartás és a pszichés nem finomhangolása perinatálisan, azaz a születés körüli időszakban zajlik, majd a folyamat egészen a pubertásig tart. A kívülről érkező kémiai hatások a folyamatot jelentősen befolyásolják. Ezek érzekhetnek az anya közvetítésével (az anyatejből), vagy a mesterséges táplálásból éppen úgy, mint a vízből, levegőből, vagy az orvosi rendeltetett gyógyszerekből. A kémiai hatások túlnyomó többsége az endokrin dizruptorokból származik. De tovább folytatva a gondolatmenetet, ezek a behatások a szexuális rendszer kóros fejlődését, érett korban való megjelenését, betegségeit is kiválthatják, mint amilyenek a nemi szervek rosszindulatú daganatai. Ez utóbbihoz nem szükséges (de lehetséges) a nemi szervek fejlődésének időpontjában való hatás, az érett korban

történő krónikus expozíció is előhívhatja a sejtekben megmaradt (kóros) fejlődési potenciákat. Ez magyarázza a bizonyos iparágakban, munkahelyeken dolgozók gyakrabban jelentkező nemi szervi (emlő-, méh-, petefészek-, here-) daganatait endokrin dizruptorok folyamatos és nagymértékű jelenlétének hatására. A műanyagiparban dolgozó férfiak esetében például hatszoros a hererák gyakori-



**1. ábra. Az endokrin dizruptor kapcsolódhat a receptorhoz, így a sejtre hormonszerű hatást fejt ki, vagy éppenséggel megakadályozza a természetes hormon kapcsolódását**

sága és a műanyag- vagy gumigyárakban dolgozó nők esetében kétszeres az emlőrák előfordulásának gyakorisága.

Az endokrin dizruptorok tehát bármely életkorban károsíthatják a hormonális rendszert, azonban nem azonos módon és nem azonos veszélyességgel. Minél fiatalabb a szervezet, annál erősebb az ED-k hatása, és különösen veszélyesek – akár minimális mennyiségben is – a születés körüli (perinatális) időszakban. Ilyenkor történik ugyanis a hormonális imprinting, mely életre szólóan beállítja a még fejlődő hormonreceptor kötési képességét: az ED becsapja a receptort, így hibás imprinting jön létre. [1] Ez életre szólóan megváltoztathatja a hormonreceptor kötési képességét annak minden következményével, tehát betegségekre való

hajlam alakul ki, vagy betegség lép fel felnőtt korban. Ez azt is jelenti, hogy a korai fejlődésben okozott zavar (például a hormonszint labilitása) évtizedekkel később mutatkozik meg. Ennek jellegzetes példája volt a DES-katasztrófa [2], amikor terhes anyák a veszélyeztetett terhességük védelmében (később már anélkül is) kapták ezt a szintetikus ösztrogénhatású anyagot (mintegy 5 millió terhes nő), és alig több mint két évtized elteltével leányaikban az egyébként ritka hüvelyrák tömegesen fordult elő nem hiábákkal (bisexualitás, homoszexualitás, libido csökkenése stb.) karöltve, és utóbbiak a fiúgyermeken is megmutatkoztak (2. ábra).

### A legényegesebb endokrin dizruptorok

Egy ilyen cikkben nincs helye az ipari és mezőgazdasági ED-k tételes felsorolásának, de a legfontosabbakat nem lehet mellőzni, mert adataik világosan mutatják a probléma nagyságát. Elsőként a *bisfenol A*-t (BPA) érdemes említeni, mert tömeges felhasználása és hatászélessége ezt indokolta teszi. BPA-ból már jelenleg is több mint 27 millió tonnát állítanak elő világszerte, és ez a mennyiség több mint 7%-kal nő évente, mivel alapvető tényező a műanyagiparban. A BPA-t az ipar széleskörűen



2. ábra. A DES volt a gondatlanul alkalmazott nagy hatású endokrin dizruptor iskolapéldája. Ötmillió terhes nő szedte és gyermekeik szenvedték meg

alkalmazza a műanyag cumikban, palackokban, konzervek belső borításában (3. ábra), italos palackokban, szemüveglencsékben, mobiltelefonokban, orvosi eszközökben, de vízvezetékcsövekben is benne van és beleoldódik a tartalomba. Benne van a műanyag tányérokban, ivóvízes tárolóedényekben és égésgátlókban. Mikor kivonták a forgalomból az

amalgám fogtöméseket, éppen a higany ED-hez hasonló hatása miatt, műanyagtömésekkel helyettesítették, melyek jelentős mennyiségben tartalmaznak BPA-t. Ugyanakkor az embrionális fejlődés alatt BPA-kezelésben részesült terhes egerek utódainak prosztatája 30%-kal lett nagyobb és spermiumszámuk jelentősen csökkent felnőtt korukra. Emberben, az átlagpopuláció 93%-ában találtak BPA-t a vizeletben, és kimutattak jelentős szexuális hatásokat, mint a prosztata- és emlőtumorok gyakoriságának növekedését éppúgy, mint a pubertás időpontjának előre jövetelét. Hatására műanyagipari munkásoknál hétszer gyakoribb volt az erekciós probléma, mint a BPA-nak ki nem tett populációban, ugyancsak csökkent a libidó és a szexuális élettel való elégedettség.[3] Egy másik ipari ED, a *dioxin* esetében az utódok között a születéskori normális nemi arány (106 fiú/100 lány) tolódott el a lányok javára a rovarölőszergyár férfi munkásai esetében, miközben a női munkásokat nem érintette.

Az agráriumban számos peszticidet (rovarölő anyagot) használnak fel, legrégebben és legszélesebben körben a DDT-t, melyet egyszer betiltottak, majd újra engedélyeztek. A peszticidek az emberekbe is bejutnak az ételekben, illetve a vizek, a talaj és a levegő révén.[4] Használatuk folyamatosan nő, például 1961 és 1964 között Európában mintegy 0,5 kg/hektárról 2 kg/hektárra emelkedett és azóta is nőtt. Ezek az agrár-ED-k szexuálhormonreceptorokhoz is kapcsolódnak, és különböző, a nemiséggel kapcsolatos eltéréseket hoznak létre, de leginkább hipospadiaszt

(hasadék a péniszen) és kriptorchizmust (rejtetherjúséget). Különösen kifejezett a nem morfológiai hatásuk magzatokban, csecsemőkben és gyermekekben, azonban e hatások csak felnőtt korban mutatkoznak meg. Ezek között szerepel a csökkent hímivarsejt-képződés, a spermiumok minőségi romlása és ezek következtében a férfi meddség. Emel-



3. ábra. Az Egyesült Államokban forgalmazott konzervek 60%-ában találtak bisfenol A-t

lett bizonyított, hogy előmozdítják nőben az emlőrák, férfiban a prosztatarák képződését. Az ED-„fertőzés” különösen gyakori levegőből, vízből és talajból, elsősorban a peszticidet használó területekben vagy azok közelében, de azoktól távolabb is előfordul. A gyümölcsök és zöldségek mintegy 27%-ában találtak egy vagy több peszticidet és ez a mennyiség folyamatosan növekszik.

Hasonló hatásuk van a herbicideknek (növényvédő szereknek), melyek többsége ED (4. ábra). Ilyen a leggyakrabban használatos Atrazin is, melynek reprodukciót zavaró hatása bizonyított.

Talán a leginkább környezetszennyező ED a benzpirén, mely a cigarettafüsttől a kémények füstjén át az autók kipufogógázaiáig mindenütt előfordul. Izolált hatásának mérése is nehéz, mert például Európában a populáció kevesebb, mint 7%-a él olyan helyen, ahol légkoncentrációja alacsonyabb, mint az elfogadható kockázati szint, és valószínűleg ez alatt sem indifferens.[5] Ugyanakkor állatkísérletekben jelentősen károsítja a szexuális aktivitást, a nemi hormonok termelését és terméketlenséghez vezethet.[6] Terápiás szempontból, mint ED-k, figyelmet érdemelnek a fogamzásgátló tabletták és a zsírban oldódó vitaminok, melyek tömegméretű alkalmazásának szexuális hatását még nem mérték fel.

### A fitoösztrogének

A fitoösztrogének (növényi eredetű szteroid hormonok) külön csoportot képviselnek, nemcsak azért mert a táplálékkal és tudottan kerülnek a szervezetbe, hanem mert hatásuk kettős lehet. Míg az ipari vagy mezőgazdasági ED-k között egyál-

talán nincs olyan, amelynek pozitív hatása is lehetne, a fitoösztrogének ezzel is rendelkeznek.

Bár mintegy 300 növény tartalmaz fitoösztrogéneket, a leggyakrabban „felhasznál” fitoösztrogének a szójabab izoflavonjai, a genistein és daidzein. [7] A szója az ázsiai konyha leggyakrabban és legváltozatosabb módon használt növénye, mely többezer éves múltra tekint vissza. Az európai és amerikai kontinensen csak a XX. században kezdett elterjedni, de azóta is egyre növekvő mennyiségben fogyasztják, lassan le is körorozve az ázsiai felhasználást. Vannak „hivatalos” szójaételek (például tofu, szójaszós, tempeh, miso), de vannak olyanok is, amelyek rejtetten tartalmazzák, mint számos felvágott, virsli, kenőmájás, kenyér, édes sütemények, fagyaltok stb. Sokszor elsősorban előnyös tulajdonságait emelik ki és ezek valóban vannak. Így például az ázsiai populációban kevesebb a mellrák és prosztatatarák, éppúgy, mint a vastagbélrák. Kisebb a csontmegbetegedések (csontritkulás) gyakorisága és súlyossága is. A klimaxos tünetek enyhébben jelentkeznek. Csökkentik a vér lipidszintjét és antioxidáns hatásuk is van. Ugyanakkor ED jellegű káros hatásaiak széles körben megfigyelhetők. A több ezer éves ázsiai táplálkozás ismerete kizárhatná a „káros” kategóriába helyezést, de lehet, hogy éppen ez felelős az ázsiai és európai ember számottevő nem jellegű különbségéért (vérhormonszintek, menarche stb.), ami felé éppen az ED-k miatt mi is tartunk. Ennél nagyobb problémát jelent, hogy a csecsemők mesterséges táplálásában a szója alapvető szerepet játszik és ebben a kritikus periódusban hibásan állítja be a szteroidhormon-receptorokat. [8] A szójaalapú csecsemőtápszerrel táplált – és például az USA-ban a mesterségesen táplált csecsemők negyede ilyen tápszert fogyaszt – csecsemő vérének szteroidhormon koncentrációja 13 000–22 000-szer magasabb, mint a tehéntejalapú tápszereken lévőké. Ez azt is jelenti, hogy az egy nap alatt fogyasztott szójatáp ösztrogéntartalma 5 fogamzásgátló tablettá ösztrogéntartalmának felel meg. Így nem kell csodálkozni, ha felnőtt korban eltérés mutatkozik egyrészlől a kromoszómális, illetve gonádális nem, másrészlől a másodlagos nemi jellegek és a pszichés nem között. A magzatkori anyai szó-

ja fogyasztás hatására a nemi érés időpontja lányoknál (menarche) előrejön, a menstruációs ciklus zavarttá válik, míg fiúk esetében fertilitási zavarokhoz, hipospadiaszhoz (hasadék a péniszben), és esetleg kriptorchizmus (rejtettheréjűséghez) vezethet.

### Hol és hogyan támadnak az endokrin disruptorok?

Úgy tűnik, nincs alsó határa az ED-k dózisának és nincs felső határa a nemi fejlődés érzékenységének hormonális hatásokra, tehát a legkisebb mennyiség is hibához vezethet a nemiség kialakulásában. Ehhez képest az ED-k olyan mennyiségben használnak fel, illetve kerülnek be akár a legkritikusabb periódusokban is a várandós női szervezetbe, hogy hatásuk nem lehet kétséges. Lehet, hogy mennyiségi eltérések határozzák meg a hatás irá-



4. ábra. A zöldfélék fogyasztása egészséges, de a rajtuk (bennük) található herbicid nem

nyát, azonban akár pozitív, akár negatív irányban változik meg a fejlődési folyamat, ez káros lehet, mert a normális (gén szinten beépített) programot zavarja meg. Ezért is lehetnek az ED-k hatásai rendkívül széleskörűek.

Alapkérdés, hogy hol és mikor támadhatják meg az endokrin disruptorok a nemi apparátust. Mint láttuk, a kromoszómális nemet az X kromoszómával rendelkező petesejt és az X vagy Y nemi kromoszómával rendelkező spermium határozza meg, XX esetében nővé, míg XY esetében férfivé fejlődés indul meg. Úgy tűnik tehát, hogy a kromoszómális nemben az ED-k nem tudnak zavart kelteni. Ugyanakkor ez nem vonatkozik a kromoszómális nem előtti időszakra, itt ugyanis az ED-hatásnak jelentős befolyása van, amit a nemi arány korábban említett eltolódása mutat. A gonádok kiala-

kulását a kromoszómális nem, illetve az Y kromoszóma SRY génje határozza meg, és nincs adat arra, hogy ebbe az ED-k bele tudnának szólni. Ez érthető, mert mint látuk, hatásukat a nemi hormonok receptorain keresztül fejtik ki és a nemi hormonokat a gonádok állítják elő. Az ED-k hatása tehát (a nemi aránytól eltekintve) a gonádok kifejlődése utáni időszakra korlátozódik, a késői nemi fejlődésben, valamint a nemi magatartásban és a pszichés nemben mutatkozik meg.

A késői nemi fejlődésben az ED-k elsősorban a kriptorchizmust [9], a hipospadiaszt, és az ivarsejtek termelését tudják befolyásolni. Ezek a folyamatok az abnormális nemihormon termeléssel állnak kapcsolatban, ami az ED-k által súlyosan érintett lehet. A kriptorchizmus esetében a fejlődő herék nem ereszkednek le, vagy csak részlegesen ereszkednek le a herezacskóba, ezért a spermiumok fejlődése a szükségesnél magasabb hőmérsékleten történik, ami elég ahhoz, hogy részben számuk csökkenjen, részben degenerált formák jelenjenek meg. Ez viszont teljes terméketlenséghez is vezethet. Hipospadiasz esetében a húgycső nem a makk hegyén nyílik, hanem a pénisz alsó felszínén (ez tűnik hasadéknak), ami közösülési zavart is okozhat. Az ivarsejtek termelődése hormonfüggő, ezért a receptorok hibás beállítódása terméketlenséget válthat ki. A fiatal férfiak 20%-ának spermiumai (iparilag fejlett országokban) csak mintegy 5–25%-ban egészségesek, és míg a spermiumszám mintegy 50 évvel ezelőtt több, mint 100 millió/ml sperma volt, jelenleg 60 millió/ml, és fiatal férfiak 15%-ában kevesebb, mint 20 millió/ml. Mindez demográfiai problémákhoz vezethet.

Az ED-k jelentős szerepet játszanak a nemi szervi daganatok képződésében. Ilyenkor a hormonreceptorokhoz ED-k kapcsolódnak, ezáltal hibás (fokozó vagy éppen gátló) üzeneteket továbbítanak a sejtek felé. Ez megzavarja a sejtek normális programját és lehetőséget teremt a daganatos elfajulásra. Lehetséges, hogy az ED még a korai fejlődés alatt zavarja meg a programot úgy, hogy a receptor csak a késői életkorban reagál hibásan egy normális hormonális akcióra, de arra is van lehetőség, hogy az ED krónikus hatása felnőtt korban váltja ki a daganathoz vezető hibát.

A nemi magatartás zavarait és a homoszexualitást korábban nevelési (társadalmi környezeti) okokkal próbálták magyarázni, de a biológia és az orvostudo-

mány újabb eredményei ezt nem támasztják alá. Ugyanakkor nem találtak homoszexualitást, vagy transzvesztita gént sem, tehát ezek a jelenségek nem genetikailag, azaz kromoszómáisan meghatározottak. Találtak viszont molekulákat, melyek a korai nemi fejlődés alatt az anyai szervezetből a magzatba jutva azt a homoszexualitást (transzszexualitást stb.) felé terelik. Az agy nemi beállítódása alapvetően női, és a férfi nemi hormonok (androgének) adják azt a női nemi hormonná alakuló többletet, ami a férfi (heteroszexuális) irányt kialakítja. A nemi identitást tehát a fejlődő agy és a szexuálhormonok együttműködése alakítja ki. A szexuálhormonok szerepét be tudják tölteni az ED-k is, akár azzal, hogy a korai nemi hormoniótt kiegyensúlyozatlanná teszik. Hibás perinatális hormonális imprinting zajlik le, ami epigenetikus – tehát a DNS bázissorrendjét nem érintő – változást hoz létre, ezáltal az agy kezdetben biszexuális régiói a gének által meghatározott (programozott) utasításoktól eltérő hibás impulzusokat kapnak és az anatómiai nemtől eltérő irányban alakulnak ki. Mivel a korai fejlődésben bekövetkező hibás hatások később jelentkeznek, a homoszexualitás és a nemváltási igény is csak a pubertás idején, illetve felnőtt korban jelenik meg. [10] Valószínűleg ebben szerepet játszanak környezeti (társadalmi) provokáló tényezők is. Ugyanakkor megfigyelték, hogy az első generációban, mely a peszticidok tömeges alkalmazása után született, a transzszexuálisok száma is észrevehetően nőtt. Figyelembe véve az ED-k minőségi és mennyiségi szaporulatát, valamint a hibás hormonális imprinting epigenetikus öröklődését [1] is, a pszichés nembem mutatózó hibák várhatóan generációról generációra szaporodni fognak.

### Mit hoz a jövő?

Minél többféle endokrin diszruptor van jelen élettelen környezetünkben, annál többféle ED-t találnak az élő szervezetekben. Ez azt is jelenti, hogy az ED-hatások kombinálódhatnak, így egyes számítások szerint 1600-szorosra nő az ED-hatások száma. Ez az emberre is vonatkozik megtoldva azzal, hogy mivel az ember a táplálkozási piramis csúcán helyezkedik el, benne még több (és többféle) ED halmozódik fel. Ez együtt jár a nemi identitás és a reprodukciós képesség zavarainak szaporodásával, aminek már jelenleg is tanúi vagyunk. [11] És nem látszik a menekülés útja. Az endokrin diszruptorok száma és mennyisége nő, mert az emberiség túlszaporodott, és eltartásához, fenntartásához és igényelt jólétéhez a diszruptorokat

tartalmazó eszközöket, anyagokat és módszereket is igénybe kell venni (nem is beszélve arról, hogy az ED-k dollármilliók tüzetet jelentenek). A diszruptorok például – újabb vizsgálatok szerint – már a kozmetikumokban és napvédő krémekben is jelen vannak. [12] A kozmetikumok nem feltétlenül szükségesek az emberiség fennmaradásához, de a napvédő krémek kellenek, mert egyre erősebb a bőrt károsító UV-sugárzás, mely rákot okoz. Tehát az ED-k használata több oldalról is igényelt. És hiba volna azt hinni, hogy az ED-k csak a reprodukciót támadják meg, ugyanis mindenütt hatnak és rombolnak, ahol őket kötő receptort találnak, bár valószínűleg a szexuális hatás a leglényegesebb. ●

### Irodalom

- [1] Csaba, G. The biological basis and clinical significance of hormonal imprinting, an epigenetic process. *Clin Epigenetics* 2, 187-196, 2011
- [2] Langston, N. Rachel Carson's legacy: Endocrine disrupting chemicals and gender concerns. *GAIA* 21, 225-229, 2012
- [3] Li, D et al. Occupational exposure to bisphenol-A (BPA) and the risk of self-reported male sexual dysfunction. *Hum Repr* 1-9, 2009
- [4] Mnif W et al. Effect of endocrine disruptor pesticides. *Int J Environ Res Public Health* 8,2265-2303, 2011
- [5] Guerreiro CB et al. Benzo(a)pyrene in Europe: Ambient air concentrations, population exposure and health effects. *Environ Pollut* 214, 657-667, 2016
- [6] Csaba, G, Karabélyos, C. Transgenerational effect of a single neonatal benzopyrene treatment (imprinting) on the sexual behavior of adult female rats. *Hum Exp Toxicol* 16, 553-556, 1997
- [7] Kim S.H., Park M.J. Effects of phytoestrogen on sexual development. *Korean J Pediatr* 55, 265-271, 2012
- [8] Csaba, G., Karabélyos, C. Effect of single neonatal treatment with the soy bean phytoestrogen, genistein on the sexual behavior of adult rats. *Acta Physiol Hung* 89, 463-470, 2002
- [9] Virtanen, HE, Adamsson, A. Cryptorchidism and endocrine disrupting chemicals. *Mol Cell Endocrinol* 355,208-220, 2012
- [10] Walker, DM, Gore, AC. Epigenetic impacts of endocrine disruptors in the brain. *Front Neuroendocrinol* 44, 1-26, 2017
- [11] Csaba, G. The present and future of human sexuality: impact of faulty perinatal hormonal imprinting. *Sex Med Rev* 5, 163-169, 2017
- [12] Maipas, S, Nicolopoulou-Stamati, P. Sun lotion chemicals as endocrine disruptors. *Hormones* 14, 32-46, 2015.

### E számunk szerzői

DR. BABINSZKI EDIT geológus, PhD, tudományos főmunkatárs, Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Budapest; DR. BESENYEI ÁDÁM PhD, egyetemi docens, ELTE, Matematikai Intézet, Alkalmazott Analízis és Számításmatematikai Tanszék, Budapest; DR. CSABA GYÖRGY professzor emeritus, Semmelweis Egyetem, Genetikai, Sejt- és Immunbiológiai Intézet, Budapest; DR. CSOMÓS PETRA PhD, egyetemi adjunktus, ELTE Alkalmazott Analízis és Számításmatematikai Tanszék, Budapest; GÁSPÁR ANITA informatikus könyvtáros, Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Budapest; HERCZEG JÁNOS Rátz Tanár Úr Életműdíjas matematikatanár, az Élet és Tudomány ny. főszerkesztője, Budapest; DR. ISÉPY ISTVÁN botanikus, az ELTE Fűvészkert ny. igazgatója, Budapest; KELETI ARTHUR kibérvédelmi szakértő, Budapest; KÖBÁNYAI PÉTER geográfus, Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Budapest; KRETZER BALÁZS, ELTE biofizika MSc szakos hallgató, Budapest; LANDY-GYEBNÁR MÓNKA, a Magyar Csillagászati Egyesület tagja, Veszprém; DR. LENTE GÁBOR egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, Kémiai Intézet, Debrecen; REMETE ATTILA MÁRIÓ PhD, Szegedi Tudományegyetem, Gyógyszertudományok Doktori Iskola, Szeged; REZSABEK NÁNDOR csillagásztörténész, Budapest; DR. SCHILLER RÓBERT a kémiai tudomány doktora, Budapest; SZABÓ MÁRTON biológus, MTA-ELTE Lendület Dinoszaurusz Kutatócsoport, Budapest; DR. TÓSZEGI ZSUZSANNA PhD, c. egyetemi docens, ELTE BTK Könyvtár- és Információtudományi Intézet, Budapest.

### Szeptemberi számunkból

*Mező Gábor–Kiss Krisztina–Biri-Kovács Beáta–Oláhné Szabó Rita: Személyre szabott rákgyógyítás*

*Kéri András: A Nap szigete: Anguilla*

*„Ki géppel száll fölébe...” Jászai Balázs légifotóssal beszélget Németh Géza*

*Besenyei Ádám–Bodó Ágnes: Hálózatok, járványok és a változás egyenletei*

*Trájer Attila: Ősföldtani zátonytörténelem*

*Locsmándi Csaba–Vasas Gizella: A világitó tölcsérgomba*