



CSABA GYÖRGY

Fényegészség – fénybetegség

Több fényt (mehr Licht)! – mondta Goethe, a természettudományokat is művelő költősen a halálos ágyán, mielőtt az örök sötétségbe merült volna. Az ember számára a fény az életet jelenti, a sötétség a halál szimbóluma. De vajon mi a biológiai alapja a fény és az élet összefüggésének, melyek azok a tényezők, amelyek az emberi életet a fényhez kötik, és csökkentik, vagy lehetetlenné teszik annak esélyét fény hiányában. Érdemes tehát megvizsgálni a fény biológiai jelentőségét az orvos szemével.

Fény és humán evolúció

A napfény jelentős mértékben járult hozzá a humán evolúcióhoz. Az ember az Egyenlítő tájékán lévő trópusi körülmények között alakult ki, amikor – miközben elvesztette testszőrzetét – védekeznie kellett a napfényben lévő rákkeltő ultraibolya (UV-) sugárzás ellen. Ezt a védekezést a bőr melanintartalmú pigmentsejtjei teszik lehetővé, amelyek felhalmozódása elsötétítette a bőrt, elnyelve az UV-sugárzást. Ezen túl, csökkentette a folsav lebomlását,

és mindkét folyamattal biztosította a DNS védelmét [1]. Az ember tehát sötét bőri volt a trópusokon – mint ahogy az ma is –, majd észak felé vándorolva, a bőrt ért fény mennyiségének csökkenésével párhuzamosan létrejött a mutáns, amelynek csökkent a pigmentációja, és a szelekciós előny miatt elszaporodott, legvilágosabb formája pedig a skandináv populációban mutatkozott meg. Ezzel együtt növekedett a világos (szőke) hajú és (kék) szemszínű emberek aránya a populációkon belül.

Az életfontos D-vitamin termelődése a bőr sejtjeiben az UVB-sugárzás beérkezésétől függ. A trópusokon olyan mennyiségű fény volt jelen, hogy ez a sötét pigmentáció mellett is biztosította a szükséges D-vitamin képződését, de mennél északabbra vándorolt az ember, annál kevesebb UV-sugárzást kapott, és azt is szezonálisan különböző mértékben. A fehér bőrre szelektálódás tehát, mivel ez inkább engedi meg az UV hatását, a D-vitamin-szükséglet nyomása alatt történt meg [2].

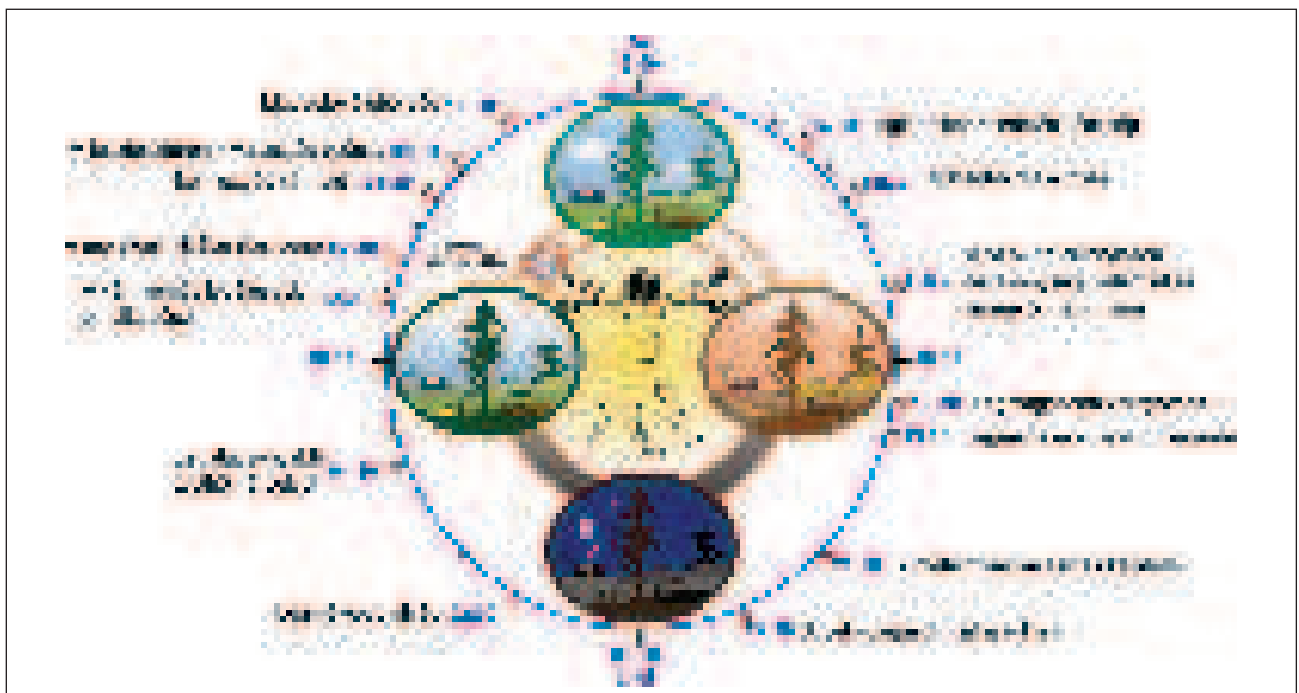
Miközben a természetes szelekció révén egyre nőtt a világos bőrszín előfordulása, aközben megmaradt a pigmentsejt-mecha-

nizmus, amely az UV-fény hatására növeli a melanin időszakos termelődését. Ezért a világos bőrűek is képesek leburnulni, ha nem is válnak olyan sötét bőrivé, mint a trópusiak. Ez a mechanizmus védi a világos bőrivé vált embereket a szezonálisan extrém mértékben megnövekvő UV-sugárzástól, ugyanakkor az UV-szegény időszakokban is lehetővé teszi a D-vitamin előállítását (fehér bőrben napfény hatására 6-szor gyorsabb a D-vitamin szintézise, mint teljesen sötétben).

Újabb ismeretek szerint a napfény nemcsak a D-vitamin szintézisét serkenti a bőrben, hanem a nitrogén-oxidét is, amelynek így a vérhez képest 25-szörös mennyisége van jelen. Hogy ennek mi lehetett a humán evolúciós jelentősége, még nem pontosan ismert [3]. Mivel azonban a nitrogén-oxidnak értágító, ezáltal vérnyomáscsökkentő hatása van, feltételezhető, hogy trópusi körülmények között életmentő is lehetett, így szelekciós előnyt is biztosíthatott. Míg a D-vitamin szintéziséért az UVB felelős, addig a nitrogén-oxid termelésért az UVA.

Feltételezik, hogy a napfény az agy fejlődését (növekedését) is befolyásolta. A napfény ugyanis hőt kelt, ami az élő szer-

1. ábra. A cirkadiális ritmus. Az élettani funkciók változása a ritmus és a fényhatások függvényében



vezeteket – így az embert is – felmelegíti. Az embert tehát hűteni kellett (a trópusokon különösképpen), és ez provokálta részben a szőrzet elvesztését, részben az izzadás kialakulását. Az embernek igen sok verejtékmirigye van, amelyek sok vizet párologtatnak el, és ez hűti a szervezetet, ami kedvez az élettani folyamatoknak, ezen belül is elsősorban az agy növekedésének és aktivitásának.

Fényszegénység-betegségek

Anglia fényszegény északi ország, és már a XVII. században számos görbe lábú, gyenge csontozatú embert figyeltek meg. Akik járatosak voltak a betegségek történetében, azok tudhatták, hogy ilyen elváltozások már Szóranosz epheszoszi származású görög és Galénosz görög származású római orvos I., illetve II. századbeli leírásában is megjelentek mint szórványos esetek. A kórkép tüneteit azonban részletesen *Francis Glisson* írta le 1651-ben, és ekkor nevezték el a betegséget angolkórnak. A XVIII. században, az ipari forradalom időszakában London és más „iparral megáldott” városok fölött elsötétült az ég. A szmog olyan mértékűvé vált, hogy a napfény alig tudott áthatolni rajta. A korábban leírtaknak megfelelően fellépett a D3-vitamin hiánya. Mindenekelőtt az tűnt fel, hogy a gyermekek közel 80%-ának elgörbült a lába, tehát tömegmérétekben jelentkezett a Glisson által leírt kórkép, amelyet csak a XIX. század végén hoztak kapcsolatba a napfényszegénységgel, de ekkor sem tudták, hogy mi a közvetlen kórokozó tényező. Valamivel hamarabb kezdték tapasztalati alapon szórványosan, majd a XX. században rendszeresen megelőzni a kórt, illetve kezelni csukamájolaj fogyasztásával, végül 1922-ben felismerték a benne lévő D-vitamint, amelynek adagolása már abszolút gyógymódnak bizonyult.

Nyilvánvaló, hogy a XVIII. század Angliájában a fényszegénység mellett diétás hiányfaktorok is közrejátszhattak a szegény népesség körében az angolkór tömeges megjelenésében, ugyanis D2-vitaminban dús ételekkel a D-vitamin-hiány kompenzálható, mint ezt a csukamájolaj is jelzi.

Hosszú időn keresztül a D-vitamint a kalcium felszívódását és csontokba épülését segítő hormonszerű anyagként tartották számon. Időközben azonban egyéb fontos funkcióit is felismerték, és napjainkra a D-vitamint széles körben alkalmazzák kezelésre, illetve prevencióra. Autoimmun betegségekben képes a túlműködő immunrendszer elnyomására, és jelentősen csökkenti a szklerózis multiplex és bizonyos rákok (vastagbélrák, emlőrák) fellépésének kockázatát. A szklerózis multiplex előfordulása valóban sokkal

gyakoribb a fényszegény északi államokban. Egyes feltételezések szerint, ha az USA északi államaiban is ugyanolyan volna az UVB, ezáltal a D3-vitamin-ellátás, mint a déliekben, a szklerózis multiplex előfordulása is hasonló mértékű lenne, holott jelenleg északon a déliek a duplája. A D-vitamin ugyanis csak csökkenteni látszik az oszteoporózis (csonttritkulás) és oszteomalácia (csontlágyulás) előfordulását. Egyes vizsgálatok szerint a kóros elhízás is kapcsolatban lehet az alacsony D-vitamin-ellátottsággal, éppúgy, mint a diabétesz.

Az utóbbi időben előtérbe került a D-vitamin szív-érrendszeri hatása, elsősorban a magas vérnyomás betegséggel kapcsolatban. Megfigyelték, hogy az egyenlítő felől észak felé tartva nő az átlagos vérnyomás értéke és a hipertóniás



2. ábra. Vigyázat, a bőr nem felejt!

betegek száma [4]. Ez megfelel annak az észlelésnek is, hogy az Európában vagy az USA-ban élő sötét bőrű populációban lényegesen több a hipertóniás, mint az európai származású fehér bőrűekben. Ugyanígy, az afroamerikai populáción belül minél sötétebb a bőrszín, annál magasabb a vérnyomás, ugyanis utóbbiak kevesebb UVB-t abszorbeálnak.

Mivel a D-vitamin szervezetbeli mennyisége alapvetően az UVB-sugárzástól függ, világos, hogy az említett betegségekben a napfényszegénységnek elsőrendű szerepe van.

Már régen megfigyelték, hogy az északi államok lakossága hajlamosabb depresszióra, mint a délieké. Ez a napfény hiányával (is) magyarázható. Ehhez hasonló oka lehet a szezonális depresszióknak (SAD = seasonal affective disorder), amelyet téli depresszióknak is neveznek, de általában őszelel indul és tavasszal szűnik meg. Ko-

rábban feltételezték, hogy ebben is a D-vitamin hiánya játszik szerepet, azonban ez nem igazolódott be. Valószínűnek látszik, hogy egyéb, ugyancsak fényhatással befolyásolt molekulák, mint a melatonin, szerotonin, bradikinin szintváltozásai váltják ki a hipotalamuszra hatva. A depresszió ezen típusa azonban nem vezet öngyilkossághoz. Kimutatták, hogy a legtöbb öngyilkosságot az északi féltekén éppen júniusban, míg a déli féltekén decemberben követik el, tehát akkor, amikor a legtöbb a napfényes órák száma, így ez a SAD-dal éppen ellentétes tendenciát mutat [5]. Természetesen ez azt is jelenti, hogy a fény az öngyilkossági hajlamot is befolyásolja, csak nem egészen úgy, ahogy gondolnánk.

Míg a sötétség deprimál, a napfény hajlamosít eufóriára, emelkedett hangulati állapotra. Ez az endorfinnak köszönhető, amely szintén termelődik a bőrben napfény hatására, és a vérkeringésen keresztül az agyhoz kerülve hat. Ezzel a depresszióval ellentétes, de nem kóros állapot jön létre.

Fény és biológiai ritmus

Az élő szervezetek – így az ember is – belső és külső körülmények által meghatározott ritmus szerint működnek. A bióritmus működését biológiai órák vezérik, amelyek beállítódásában és járásában alapvető szerepe van a napfénynek. Az ember esetében a biológiai óra az agyban, a szuprakiazmatikus magban (SCN) helyezkedik el, ami fényinformációit a retinán keresztül szerzi be [6]. A biológiai ritmus lehet cirkadiális, diurnális, ultradiális és infradiális. Ezek közül az első kettő az, amelyhez szoros köze van a napfénynek.

A cirkadiális ritmus (1. ábra) mintegy 24 órás periódusban működő szabályozás, ami a diurnális ritmusra épül rá. A nappali/éjszakai diurnális ritmus az, amit közvetlenül a fény szabályoz. A cirkadiális ritmus keretében meghatározott periodicitással működik az álm/ébrenlét, a testhőmérséklet, az endokrin tevékenység, a vérnyomás, az emésztés, az éberség és a reakcióidő. A cirkadiális ritmus 24 órás periódusa nem változik a fény mennyiség változásától függően, mert az óra be van állítva, de ezen belül a fázisok eltolódhatnak, mert a megvilágítástól függően az SCN reszinkronizálódik [7]. Természeti körülmények között télen, amikor a táplálékellátottság romlott, a hosszú alvási időszak volt előnyös, míg nyáron a több táplálékszerzési lehetőség miatt a tevékenységi periódusnak hosszabbnak kellett lennie. Ez megfelelt a nappali/éjszakai diurnális ritmusnak, és amikor a táplálékszerzéstől már függetlenedett, fennmaradt.

A retinán keresztül észlelt fény a tobozmirigy működésére van hatással. Ez melatoninint állít elő, és ez a hormon a szabályozás végrehajtója. A fény végső soron a melatonin fokozott termelését gátolja, ami a sötétség beálltával indul meg, és világosodásig tart. A melatonin éppen ezért elsősorban mint álomhormont, az álom/ébredenlét meghatározóját tartjuk számon, azonban emellett nem kevésbé fontos szerepe van az immunitás és a szexuális érés szabályozásában, a daganatképződés gátlásában, miközben jelentős antioxidáns hatása is van [7]. Mivel termelését erendően a fény szabályozza, ezek a hatások is jelentős mértékben függenek a fénytől (napfénytől).

Fénybőség-betegségek

Nemcsak a fény hiánya, hanem bősége is okozhat betegséget. A napfénynek ugyanis vannak olyan komponensei, mint a már említett ultraibolya (UV-) sugárzás, amelynek bősége esetén súlyos bőrbetegségek jöhetnek létre.

Az UV-sugárzás szabad szemmel nem látható, hullámhossza 200–400 nm, ezen belül az UVA 315–400 nm, az UVB 280–315 nm. Az UVC 100–280 nm, a legaggresszívebb UV-sugárzás, de nem tekintjük kórokozóknak, mert a légkör ózonrétege teljesen kiszűri. Az UVA-sugárzás veszélyeire korábban kevés figyelmet fordítottak, mindenért az UVB-t tették felelőssé, újabban azonban kiderültek az UVA figyelemre méltó káros hatásai is. Az UVB nem tud a bőrben mélyre hatolni, így elsősorban a felszíni rétegek sejtjeit károsítja, ezekben hoz létre rákos elfajulást. Háromféle rák keletkezik hatására, ezek a bazaliómák (bazaltes karcinómák), laphámrákok és az ezeknél sokkal súlyosabb, de ritkább melanómák. Mindezek a „klasszikus” időkben elsősorban a túlzott napozás (napégés) következtében léptek fel, mai modern korunkban azonban előretört a mesterséges fény alkalmazása, így a kozmetikai jellegű kezelések (például a szoláriumozás) hatására is megjelennek. Ez hozta előtérbe az UVA hatásainak jelentőségét is, mert a szolárium fénye 12-szer annyi, a bőr mélyebb rétegeibe hatoló UVA-t tartalmaz, mint a napfény. Ezáltal az azt használó fiatalok körében másfélzszeresére nőtt a bazaliómák, két és félszeresére a laphámrákok előfordulása, de a melanóma rizikója is 75%-kal fokozódott. Súlyosbíttja a helyzetet, hogy az UV-hatás kumulálódik, és az esetek többségében a fiatal korban történt (többszörös) napégés károsító hatása mutatkozik meg évtizedekkel később. Ugyanez történik az öregedés kapcsán is, mert a bőr nem felejt, és az élet folyamán ellene elkövetett UV-bűnök hatása aránytalanul nagymértékben nyilvánul meg, például korai öregedésében, ráncosodásában (2. ábra) és a már

említett daganatokban. A látást sem hagyja érintetlenül az erős UV-hatás, ami az esetek többségében szürkehályogként jelenik meg.

A múlt század hetvenes éveiben észlelték először, hogy nitrogén-oxidok és klorofluorokarbonok (CFC) roncsolják a Földet körülvevő ózonréteget, amely véd minket az UV-sugárzás károsító hatásától [8]. Ennek következtében ez a réteg helytől függően 3–23%-kal csökkent. Legerősebb volt a csökkenés az Antarktisz fölött, ahol ózonlyuk alakult ki. A CFC-k látszólag legveszedelmesebbnek, mert széles körben használták hűtőszerekben, különböző spray-kben, ipari tisztítószerekben stb. Ezért használatukat világszerte betiltották, és az ózonréteg elkezdett regenerálódni. A beavatkozás elkerülhetetlen és sürgős volt: kiszámították, hogy ha az akkori növekedési sebességet (7–10%/év) tartja a CFC-felhasználás, akkor 2060-ra a sztratoszféra klórtartalma 16-szorosára nő, és nyár közepén a bőr napégésének ideje harmadára csökken.

A bőséges UV-fény daganatképző hatásának elensúlyozására van a szervezetben egy enzimrendszer, amely a DNS károsodását hivatott kivédeni. Ez a repair mechanizmus, amely a DNS-ben történő hibákat kijavítja (kivágja az egyik DNS-szál hibáit és a másik DNS-szál információja alapján pótolja). Ennek a mechanizmusnak a genetikai gyengesége, illetve hiánya vezet a xeroderma pigmentosum (XP) nevű betegséghez, amikor a beteget a legkisebb dózisu UV-sugárzástól is védeni kell, mert rákos folyamatok lépnek fel hatására [9]. A betegséget magyar orvos, *Kaposi Mór* írta le még 1874-ben, és 100 évvel később ismerték fel DNS repairfüggőségét. A bőrreakció megjelenése 20 éves kor alatt az XP-s betegekben az átlag populációban jelentkezőnek 5000-szerese. Szerencsére a betegség ritkán fordul elő (Európa és USA 1:1 000 000; Japán és Közel-Kelet 1:40 000).

A fénybőség azonban nemcsak az UV-hatásokban észlelhető, hanem a circadiális bioritmus megváltozásában is [10]. Ilyen az éjszakai műszakban történő munka, vagy egyáltalán a fényben töltött alvás. A rendszeres – fényben töltött – éjszakai műszak melatoninhiányt okoz, ami a daganatok fellépése elleni védekezést károsítja. Ez megnöveli nőkben az emlőrák kockázatát. De nemcsak az éjszakai műszak károsíthat, hanem a nem teljes sötétségben való alvás is, amit okozhat

az éjszakai lámpa éppúgy, mint az utcáról beszűrődő fény. További problémát jelent, hogy az éjszakai fényexpozíció miatt fellépő tumor rezisztenssé válik bizonyos rákgyógyszerek (pl. tamoxifen) ellen, aminek magyarázatát nem ismerjük [11].

Fényterápia

Bár vannak adatok már i. e. 1400-ból arról, hogy Indiában próbálták a bőr pigmentmentes területeit (vitiligo) napfény és növényi anyagok (valószínűleg psolarenek) kombinációjával pigmentesíteni, a fény gyógyító hatásának felismerője és első megvalósítója *Niels Ryberg Finsen* izlandi származású dán orvos volt. A napfényt, illetve ívlámpa fényét koncentráltan egy súlyos bőrbetegség, a lupus vulgaris (börgümőkór, bőrfarkas) egyes területeire és többszörös kezelés után teljes gyógyulást sikerült elérnie. Első sikeres kezelését 1895-ben végezte (ekkorajt ez a betegség igen gyakori volt), eredményeiért 1903-ban Nobel-díjjal tüntették ki (3. ábra).



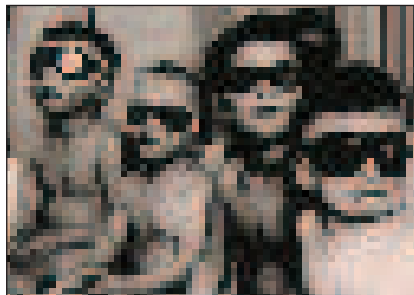
3. ábra. Niels Ryberg Finsen (1860–1904), a fényterápia megalapítója

A következő nagy lépést *John Parrish* tette meg, aki (1974-ben) psolaren vegyületekkel kombinált UVA-kezelést végzett, és ezzel gyógyította a pikkelysömört (psoriasis). A fényforrások tökéletesedésével a gyógyhatás még kifejezettebbé vált.

Mester Endre, a Semmelweis Egyetem sebészprofesszora 1967-ben ismerte fel, hogy a lágy lézersugárzás gyorsítja a sebgyógyulást. Ezen elindulva, *Fenyő Márta* biofizikussal kifejlesztették a polarizált fényvel működő lámpát, ami kezdetben az Evolite, később (ma is) a Biopton nevet kapta, és UV-fényt nem tartalmaz. A polarizált fény biostimulatív hatású. Ez megmutatkozik a sebgyógyulás és általában a regeneratív folyamatok, az immunrendszer és a sejtaktivitás fokozódásában éppúgy, mint a gyulladás és a fájdalom csökkenésében.

A mesterséges UV-fényt a XX. század első felében használták a D-vitamin-képzés serkentésére (az angolkór megelőzésére) gyermekekben (4. ábra). Higanygőzlámpa segítségével állították elő és végezték vele a „kvarcolást” pontosan előírt időtartamon belül. A szintetikus (tablettás) D-vitamin-kezelés kiszorította az orvosi fegyvertárból, de kozmetikai célokra (miniszolárium) még megmaradt.

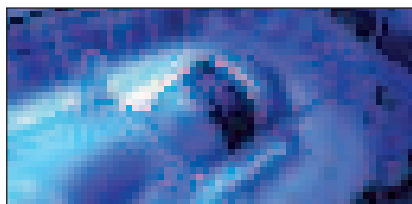
Bár érthető módon a fényterápiát elsősorban a kultakaró betegségeinél alkalmazzák, jelentős és széles körű gyógyhatása van egyéb területeken is. Téli depresszó



4. ábra. Kvarcoló gyerekek a XX. század első felében

esetében az erős látható fényű lámpákkal való rendszeres kezelés javítja a hangulatot, és próbálkoztak ezzel – nem is sikertelenül – egyéb depressziók kezelésében is.

Van a fényterápiának egy, az eddigiektől eltérő, de nagyon fontos területe, az újszülöttek kezelése. Az újszülötteknek vannak magvas vörösvérsejtjei, melyek születés után lecserelődnek magtalan vörösvértestekre, így megnő a hemoglobintartalmuk, ezáltal az oxigénszállítás lehetősége. A magvas vörösvérsejtek szétesésekor azonban bilirubin szabadul fel, amit a máj bont le. Ez a fiziológiás folyamat érett újszülöttekben is járhat enyhe sárgasággal, ami minden beavatkozás nélkül hamar elmúlik. Koraszülöttekben azonban több a széteső sejt, és a máj még éretlen, ezért ezt a funkciót elégtelenül látja el, így a bilirubinszint megemelkedik, és mérgezi a szervezetet, miközben kialakul a súlyos sárgaság. Legrosszabb esetben a bilirubin az agyban rakódik le (kernicterus), és annak normális fejlődését gátolja. A látható fény-



5. ábra. Csecsemő kék fényben, ami csökkentí bilrubinszintjét

nyel, ezen belül is elsősorban a kék fényvel történő besugárzás lebontja a bilirubint, ezáltal megvédi a koraszülött csecsemőt az agyi károsodástól (5. ábra).

Fényszennyezés

1994 januárjának egy éjjelén Los Angelesben a földrengés miatt átmenetileg megszűnt az áramellátás. Számos városlakó hívta a segélykérő számot bejelentve, hogy az égbolton valami óriási ezüstös felhőt látott, amit korábban soha. A csillogó felhő a Tejút volt, amit a város fényszennyezése miatt mindaddig valóban nem lehetett látni.

Éjjel, 10 000 méter magasságból figyelve, ahol az utasszállító repülőgépek közlekednek, a Föld hatalmas területei csillogóan világítanak, míg mások sötétnek látszanak. Európa, Észak-Amerika, Ausztrália, Kína, Japán, Dél-Korea stb. nagyvárosai fényben úsznak, miközben Szibéria, Dél-Amerika, Afrika és Ausztrália túlnyomó része sötét. A fényszennyezés tehát elsősorban az említett területeken jelentkezik, azonban a jelenlegi sötétnek látszó területek felfejlődésével mind több lesz a fénytérképen a világító pont. A lakásokban éppúgy, mint a közterületeken lévő fényforrások egyre több fényt bocsátanak ki, megzavarva ezzel a cirkadiális ritmust. Mivel a világos időszak megnő a sötét rovására, ez visszaszorítja a tobozmirigy általi melatonintermelést, és előhívja ennek következményeit. A városlakók emiatt egészségügyi hátrányba kerülnek a kevésbé kivilágított helyeken élőkkel szemben. A következmények olyanok, mint az éjszakai műszak esetében. A cirkadiális ritmus fényszennyezés általi megbomlását (a sötétség rovására) a Nemzetközi Rákkutatási Ügynökség 2A karcinogénként tartja számon, azaz ugyanabba a kategóriába sorolta, mint a dohányzás hatását a tüdőrák keletkezésére. Leginkább bizonyított szerepe az emlőrák kialakulásában van, de hatását a petefészek, méh, vastagbél és prosztatara rákjának fellépésében is említi. Emellett olyan betegségek, mint a metabolikus szindróma (diabetesz és elhízás) és szív-érrendszeri kórképek is szaporodnak miatta.

Fény kép

Az ember éppúgy, mint az állatvilág többi tagja, biológiai lény, ennek következtében jellegzetességeit, képességeit, egészségét és betegségeit biológiai folyamatok határozzák meg. Ez éppúgy vonatkozik az ősemberre, mint a ma élőre. Ugyanakkor lényeges különbsége az állatvilágtól, hogy a saját maga által kialakított társadalom működése és abban végzett tevékenysége alapvetően határozza meg magatartását, és hat vissza mindarra, amit biológiaiaként ismertünk meg. Evolúcióját is az általa alkotott tárgyakra ruházta át, miközben biológiai evolúciója mintegy 40 000 évvel ezelőtt lényegében leállt [12]. Bár az életéhez szükséges napfény éppen úgy süt rá, mint ezredévekkel korábban, ennek káros hatásait igyekeznek (és jelentős részben tudja is) védeni ruházattal, kozmetikumokkal (napvédőkkel), sötét szemüveggel stb., miközben saját maga állít elő olyan termékeket a tárgyakban megjelenő evolúció kényszerítő hatása alatt (pl. UV-fényt gerjesztő készülékek, fényszennyezés stb.), amelyek helyettesítik azt a káros hatást, amely elől menekülni akar. Ezek után nem tehet mást, mint próbálja védeni azt a károkozást is, amivel eszközeinek használata jár. Ez a

kettősség árnyalja azt a képet, amit az ember és a fény viszonyának jelenéről és jövőjéről festhetünk. Csak egy példa: a Nobel-díjjal is honorált LED lámpák alkalmazása a közvilágításban olcsóbb és eredményesebb lehetőségét teremti meg a közlekedés biztonságának, ugyanakkor abban a tartományban nyújt fénytöbbletet, amely a legkárosabb az egészségre. Ennek a káros hatásnak a kiküszöbölését meg kell, és meg is fogják találni, de addig a károsodottak száma már milliókra rúg. Az ember általi fényvel történő károkozásnak tehát mindig csak utána futunk (értelemszerűen sohasem előtte, vagy mellette), és a futópálya beteg emberek szenvedésével van kikövezeve. Természetesen ez nemcsak a fény esetében igaz, hanem az emberi teljesítmények többségének esetében is. *

Irodalom

- [1.] Jablonski, N. G., Chaplin, G. 2010: Human skin pigmentation as an adaptation to UV radiation. *Proc Natl Acad Sci USA*, 107, Suppl. 2. 8902-8968.
- [2.] Jablonski, N. G. 2012: The evolution of human skin colouration and its relevance to health in the modern world. *J R Coll Physicians Edinb*, 42, 58-63.
- [3.] Rajakumar, K. et al. 2007: Solar ultraviolet radiation and vitamin D. A historical perspective. *Ann J Public Health*, 97, 1740-1748.
- [4.] Rostand, S. G. 1997: Ultraviolet light may contribute to geographic and racial blood pressure differences. *Hypertension*, 30, 150-156.
- [5.] Petridou, E. et al. 2002: A role of sunshine in the triggering of suicide. *Epidemiology*, 13, 106-109
- [6.] Csernus B, Mess, B. 2003: Biorhythms and pineal gland. *Neuroendocrinol Lett*, 24, 404-411.
- [7.] Csaba Gy. 2014: Tobozmirigy az atomkorban. *Természet Világa*, 145, (8), 354-357.
- [8.] Molina, M. J., Rowland, F. S. 1974: Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone. *Nature*, 249, 810-812
- [9.] DiGiovanna J. J., Kraemer, K. H. 2012: Shining a light on Xeroderma pigmentosum. *J Invest Dermatol*, 132, 785-796.
- [10.] Gaston, K. J. et al. 2014: Human alteration of natural light cycles: causes and oecological consequences. *Oecologia*, 176, 917-931.
- [11.] Dauchy R.T. et al. 2014: Circadian and melatonin disruption by exposure to light at night drives intrinsic resistance to tamoxifen therapy in breast cancer. *Cancer Res.*, 74, 4094-4110.
- [12.] Csaba G. 2007: Thoughts on the cultural evolution of man. *Developmental imprinting and transgenerational effect*. *Riv Biol.*, 100, 461-474.