

Megment vagy elpusztít: a higany és arzén gyógyászati karrierje. II. rész arzén

Saving or devastating: pharmaceutical fate of quicksilver and arsenic, Part II.

Dr. Madarász Bálint doktorandusz

Semmelweis Egyetem, Népegészségtani Intézet

balintmadarasz1993@gmail.com

Initially submitted Sept.20, 2019; accepted for publication Oct. 28, 2019

Abstract

Since the beginning, men were seeking the universal medicine as a solution to whichever problems. While experimenting, many substances were tested, and albeit the results were often promising the real breakthrough was never achieved. During these explorations, men found arsenic as a possible and hopeful panacea. However the philosophy of Paracelus, the father of modern toxicology, as "sola dosis facit venenum": the dose makes the poison, became especially true for arsenic, which could extend or shorten the life. The aim of this study is to present the real or assumed role of the arsenic compounds used in healing practices from the ancient times until nowadays. As sources were used primary and secondary documents of medical, pharmaceutical, metallurgical and other natural history branches together with recent scientific evidences.

Kulcsszavak: természettudomány története, arzén, kohászat, mérég, gyógyítás művészete

Keywords: history of natural sciences, arsenic, metallurgy, poison, arts of healing

1.1. Anyagismertetés, előfordulása

A 33-as rendszámú arzén a periódusos rendszer V. A főcsoportjában, vagy más néven a nitrogéncsoportban és a 4. periódusban található. Ebbe a csoportba tartozik még a nitrogén a foszfor az antimon és a bizmut is. Az arzénnek négy elektronhéja van, valamint vegyérték elektronjainak a száma három, melyek a 4 p pályán helyezkedik el. Elektronszerkezete [Ar] 3d¹⁰ 4s² 4p³. Az arzén egy félfém. [1]

Szobahőmérsékleten szilárd halmazállapotú olvadáspontja 817°C, forráspontja pedig 614°C. Sűrűsége 5,727 g/cm³ [1], elektromos és hővezetési képessége módosulat függő.[2]

Atomsugara viszonylag kicsi (115pm), ionizációs energiája (947,0 kJ/mol) elektronegativitása (2,18 (Pauling-skála) relatíve magas. [1]

Elemi formában négyatomos arzénmolekulák alkotják. Fémfényű törékeny elem, kristályosodása hatszögű rendszerekben megy végbe. Hévítés hatására gőzzé alakul ahelyett, hogy olvadna, tehát szublimál. Olvasztása csak nagy nyomás alatt lehetséges zárt edényben. Citromsárga gőze fokhagymaszagra emlékeztet. Levegőn könnyen oxidálható. Meggyújtva, kékes lánggal arzén-trioxiddá alakul. Szobahőmérsékleten is reagál már a klórral. A természetben 3+ vagy 5- ionként fordul elő. [1]

Előforduló legfontosabb ásványai a természetben szulfidos formában realgár (As₂S₂), auripigment (As₂S₃). Oxidos formában: oxidok (As₂O₃, As₂O₅). Legjelentősebb érce gazdasági értelemben az arzenopirit (FeAsS).[1]

Kis mennyiségben azonban előfordul elemi formában is.[3]



1. ábra: Realgár (As_2S_2)

(forrás: http://www.desertwindsgemsandminerals.com/realgar/realgar1a_large.JPG)



2. ábra: Auripigment (As_2S_3)

(forrás: <http://www.mineralscollector.com/prodane-kameny/auripigment.html>)

<http://www.kaleidoscopehistory.hu>
dr. Madarász Bálint doktorandusz

1.2. Előállítása

Az ipar legfőbb arzén forrása a réz és ólom finomítás során melléktermékeként keletkezik.[3] Ezenkívül arzenopiritből is történhet az előállítás, amit anaerob környezetben erősen hevítenek majd az így kapott arzén-trioxidot szén redukcióval arzéná alakíthatják.[1]

Az 5 legnagyobb arzén termelő ország 2011 és 2016 között Kína Marokkó Namíbia Oroszország és Belgium volt.[4]

1.3. Történelme

Az arzén a mérgek királya, valószínűleg jobban befolyásolta az emberiség történelmét, mint bármely másik elem vagy mérge. Az ókor óta ismert volt mérgező hatása. Kulcsfegyvere volt a nőknek főként az emancipáció előtt, hogy zsarnok férjeikkel vagy nem kívánatos szeretőkkel elbánhassanak titokban. A századforduló során azonban kilépett ebből a szerepből, amikor is a legjobb hatóanyagok közé emelkedett a nyugati világban. Ugyanakkor az elterjedt használat következtében az ételek és a környezet is szennyeződött. Az arzénal szennyezett vizek ma is nagy problémát jelentenek, noha ez nem feltétlen az emberi tevékenység eredménye.[5]

1.3.1. Ókor

Bronzkor óta vannak feljegyzések az arzénról, sok helyen az arzén tartalmú ásványokat a réz tartalmú ásványokkal együtt nyerték ki. Így ötvöző anyagként belekerült a rézbe és az aránytól függően eltérő tulajdonságot kölcsönzött az ötvözetnek. A primitív eljárások következtében az arzén a levegőbe került így mérgező a kovácsokat és ezzel degeneratív változásokat okozva nekik. Valószínűsíthető hogy Héphaisztosz a görög mitológia kovácsistene is eme mérgezés nyomait viseli magán. [6]



3. ábra: Thetisz páncélt kap fia számára Héphaisztosztól
(forrás <http://www.theoi.com/Gallery/P13.3.html>)

Az egyiptomiak a Kr. e harmadik évezredben csakúgy, mint a kínaiak, az ezüst felületek készítéséhez (tükröknél és szobroknál) használták az arzént. [5]

A gyógyszerként való használata pedig már itt, az ókorban megkezdődött, mutatja ezt egyébként a neve is, ami a görög arsenikből származik, jelentése potens, hatásos. Az Asszír Birodalom orvosi szövegeiben is említik akárcsak az egyiptomi Ebers-papiruszon (Arzén szulfid formában). [5]

Hippokratész (Kr. e 460-377) marószerként használta az auripigmentet és a realgárt, Dioscorides pedig megjegyzi az auripigmentről: adsztringens és maró hatású, amivel megégethető fájdalmasan a bőr úgy, hogy akár sebet is hagyhat, viszont ezért alkalmas a gombás hús valamint a szőr eltávolítására is.[5]

A realgárról azt is feljegyezték, hogy gyantával összekeverve hajnövekedés serkentő. Amennyiben pellagra miatt károsodott a haj. Szurokkal jól szolgál durva és deformált körmök kezelésére. Olajjal elkeverve tályogok (száj, orr) megszüntetésére és tetvek ellen is alkalmazták. Borral keverve köptetésre használták csak úgy, mint gőzeit. Hangtisztításra mézzel keverve, gyantával pedig légszomjcsillapításra vetették be. [5]

Plinius szintén írt az arzénszulfid orvosi tulajdonságairól. Akárcsak Galénosz (Kr. u. 130.-200) is, aki szintén ajánlotta fekélyek elleni kezelésre. Más antik orvos szerzők is úgymint Arisztotelész, Celsus, Caelius Aurelianus, Aetius, Soranus mind alkalmaztak arzén tartalmú anyagokat gyógyítási céllal, azonban azt meg kell jegyeznünk, hogy az arzén széleskörű használata ezzel egyidejűleg egyben közegészségügyi kockázatot is jelentet főként a nyugati kultúrában. [5]

Az ókori Indiában Buddha idején már az arzén tartalmú ásványokat szintén értékelték gyógyító tulajdonságaik miatt. A Charaka Samhita orvosi szövegében ajánlásokat tesz mind külső mind belső használatról is. Az auripigmentet váladékozás, mérgezés és szellemektől való félelem ellen javallja. Valamint úgy vélték megállítja a menstruációs zavarokat, javítja az étvágyat és gyógyítja a leprát.[5] Ezzel ellentétben úgy tartották a nem megfelelően tisztított auripigment megrövidíti az életet, gyulladást és kelést okoz. Ezért fontosnak tartották a megfelelő tisztítását az ásványok. [5]

Realgárt ezzel szemben arcszínjavításra hashajtónak, zsírégetőnek, ellenmérgeknek és asthma bronchiale elleni szerként használták. Másrésről a tisztítatlan realgár esetén tartották a kőképződés megnövekedett kockázatától, folyás előidézéstől, étvágytalanságtól és székrekedéstől. [5]

A széleskörű realgár és auripigment használat következtében azonban olyan gyakorivá váltak a mérgezéses esetek, hogy számos ellenmérget sorol fel mind realgár mind auripigment mérgezés esetén a Ras-Jala Nidhi nevű indiai orvosi kompendium.[5]

Kínában szintén bányásztak és használták az arzén szulfid tartalmú érceket. Úgy tartották, hogy a yang, a férfi princípiumot a realgár, míg a nőit a yin princípiumot pedig az auripigment képviseli. Pen Ts'au korai munkáiból megtudjuk a realgárt lázcsillapító (megelőzően) hánytató köptető és fűreghajtóként alkalmazták, valamint hasonló hatásokat tulajdítottak az auripigmentnek is. [5]

Az arzén volt az akkori fémek elixírek egyik legáltalánosabb összetevője, amit az ókori Kínában fogyasztottak a halhatatlanság reményében. Ezt Sun Ssu-Mo 7. századi alkimista és gyógyszerész munkájából a Thai-Ching A Cheng-Jen Ta Tanból tudhatjuk meg a titkos receptjét az arany elixírnek (chin tan) ami 8 uncia arany, 8 uncia higany, 1 font realgár és 1 font auripigmentből állt. Így hát az elixír fogyasztásából eredő mérgezésekből, amit az alkimisták és a császárok meg is tapasztaltak, az arzén jelentősen kivette a részét. [5]

1.3.2. Középkor és kora újkor

Az arab világ orvosai módosították Dioscorides megfigyeléseit. Geber (Jabir ibn-Haiyan) a nyolcadik századi tudós felfedezte a fehér arzént vagy más néven az arzén-trioxidot auripigment hevítésével. Azonban nagy toxicitása miatt ezt először csak külsőleges betegségek ellen használták bárányok és lovak esetén. Elsőként a 14. században használták embereken görvélyes fekély esetén. [5]

Rhazes (850-925) a perzsa polihisztor asztma és egyéb tüdőbajokra, bőrbetegségekre és fekélyekre ajánlotta, valamint opiummal és kalcium-oxidral elkeverve Dizentéria kezelésére javallotta. [5]

Avicenna (980-1038) pedig elkülönítette a fehér, sárga és vörös arzént. Valamint bőr és tüdőbajokra ajánlotta mézszel vagy egyéb vivőanyaggal.[5]

Nikolaos Myrepsos bizánci orvos nevéhez köthető az első arzén profilaxis használata pestis ellen „Perzsa antidótum” néven, amire kiterjedt recept gyűjteményében hivatkozik.[5]

A fém arzén felfedezését sokan a német dominikánus szerzetes és alkimista Albertus Magnus (1193-1280) nevéhez kötik, azonban az egyértelmű elválasztását az elemi arzénnek és arzén ásványnak Biringuccio itáliai kohász végezte el 1540-ben.[5]

Nyugat-európai orvosi gyakorlatban a 16 század közepéig elsősorban külsőlegesen alkalmazták. Marószerként, füstként, vagy amulettként. Ami Biringuccio leírása szerint úgy működött, hogy: hogy egy kis zacskóban a szív fölött hordozták az arzén tartalmú anyagot, amelynek a kipárolgása jótékonyan hathatott a köhögéses panaszokra, asztmára, véres köpet ürítésre valamint pestis megelőző hatást tulajdonítottak neki.[5]

Középkor végén és az újkor kezdetén a mérgező színóxiidjává kezdett válni, amikor is ez a fajta gyilkossági mód a szociális és politikai élet fontos befolyásolója lett. A Geber által felfedezett arzén-trioxid ideális volt ugyanis erre a célra. Íztelen, szagtalan, fehér por, amit könnyen be lehetett adni ráadásul olcsó is volt.[5]

Az egyik leghíresebb, vagy hírhedtebb ilyen eset egy szicíliai nőhöz Giulia Tofana-hoz köthető, aki 17. század első felében élt és dolgozott Dél-Itáliában. Az általa árusított Aqua Tofana egy tiszta, ártalmatlan megjelenésű folyadék volt, amiből négy-hatcseppnyi elegendő volt ahhoz, hogy elpusztítson egy embert. Legfőbb összetevője pedig arzén volt. A hozzá köthető áldozatok száma pedig legalább 600 főre tehető. Megtévesztésként előfordult, hogy egy gyógyító erejűnek tartott olajnak (Szent Miklós mannája) álcázva adták el. [7]



4. ábra: Szent Miklós mannáját tároló üveg

(forrás: <https://allkindsofhistory.files.wordpress.com/2015/01/flast-of-manna-of-st-nicholas-of-bari-c17th-cornig-museum-of-glass.png>)

<http://www.kaleidoscopehistory.hu>

dr. Madarász Bálint doktorandusz

Paracelsus már használta a realgárt belsőlegesen tumorok ellen, majd az őt követő időkben pedig elkezdtek a lázcsillapítás anyagai között számon tartani. Tették mindezt Európa-szerte egyre bővülő módon.[5]

Az arzén gyógyászati felhasználásának igazi elterjedésének a kezdete a nyugati orvoslásban az íztelen Fowler-oldat megjelenéséhez köthető (1670).[5] Az arzénsavas kálium oldatnak többféle felhasználása volt ismert: csontbetegségek (angolkór) vagy neuralgiák ellen [8], de használták anémia, leukémia vagy Hodgkin-kór esetén is.[5]

1.3.3. *Modernkor*

A 19. század közepétől egészen a 20. század közepéig megkezdődött az arzén aranykora. Mind méregként, mind gyógyszerként széleskörűen elterjedt. 1836-tól a kis koncentrációjú arzén kimutatás megoldottá vált James Marshnak köszönhetően. Így a mérgezések felderíthetősége könnyebbé válhatott. [5]

Példátlannul nőtt az arzén expozíció szintje az orvoslástól kezdve a vizek, a levegő és az ételeken át a munkakörnyezetekig. Köszönhetően az ugrásszerűen megnőtt termelésnek és felhasználásnak. Ez idő alatt kevesebb, mint 5000 tonnáról 1940-re már 60.000 tonnára nőtt a termelés. Ez pedig természetesen a környezet szennyezettségében is nyomot hagyott. Például míg 1917-ben kevesebb, mint 10 ppm addig 1952-re 50 ppm volt az arzén tartalom az amerikai dohányban. Figyelemreméltó, hogy az arzén mennyire képes volt áthatni a teljes gazdaságot és kultúrát annak ellenére, hogy ismert volt erős mérgező hatása.[5]

19. század végére minden fő betegségre volt bevezetett arzenoterápia. Bőrbetegségek esetén az arzén használat külsőlegesen és belsőlegesen is alkalmazott volt. A népszerű meggyőződés szerint az arzén nem csak hasznos, de alapvető is a haj és a bőr megfelelő tápláltságához. Kezeltek arzenoterápiával többek közt pszoriázist, krónikus ekcémát, szemölcsöket, lupust, recurrens herpeszt, fekélyeket, pénisz gangrénát, külső daganatokat, bőrgyulladásokat, aknét, leprát és impetigót is.[5]

Vérbetegségekre a korábban már említett arzénessav tartalmú Fowler-oldatot használták például anémia, leukémia vagy Hodgkin-kór esetén.[5]

Idegi és reumatikus állapotokra is bevett szer volt, így használták vitustánc (chorea), neuralgia, epilepszia, artritisz de még tatanusz és angina pectoris esetén is.[5]

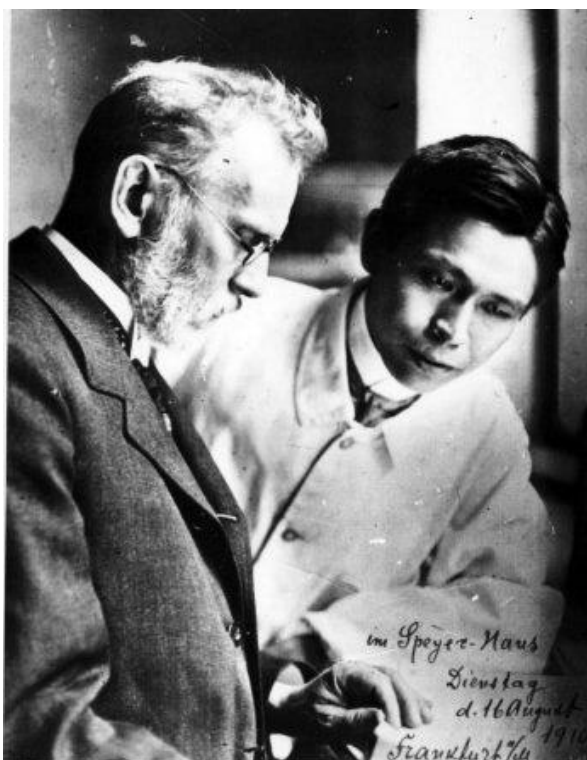
Évekig arzén készítmények voltak az első vonalbeli szerek malária ellen is. Később a kinin terápia kiegészítéseként tovább használták súlyos esetekben. De találunk ilyen tartalmú gyógyszereket a legkülönbözőbb egyéb kórképek és fertőzések indikációjára is: például diabétesz, skarlát, diftéria, influenza, tbc, szívbetegségek, légzési rendellenességek, asztma, szénanátha, bronhitisz, pneumonia, terhesség miatti reggeli rosszullét, hasmenés, krónikus gastritisz, szemgyulladás, scrofula, leukémia, mell és egyéb tumorok, de magas vérnyomás, kígyóharapás, veszett állat, vagy mint abortívum is szerepelhetett.[5]

Az egyéb szerves arzénvegyületek a nyugati gyógyszerkönyvekbe a 19. század környékén léptek be. A nátrium-cacodilát és a nátrium-arzenilát voltak az első vegyületek, amiket malária, alvászavarok és pellagra kezelésre használtak.[5]

Ugyanakkor a tény, hogy az akkori orvos szakma szerint az arzén terápia esetén fokozatos dózisemelés szükséges, aggasztó. A terápia által okozott toxikus hatásokat gyakran még több arzénnal kezelték különösen, ha változtatás történt az ellátó rendszerben. Ennél fogva a következmények elkerülhetetlenek voltak. Több embert károsított vagy ölt meg, mint amennyit meggyógyított az arzén. Sokszor maga a gyógymód rosszabb volt, mint a betegség. Milliók egészsége károsodott az arzén által ahelyett, hogy javított volna a helyzetükön. [5]

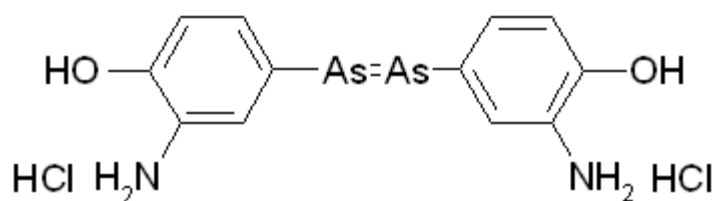
1.3.4. 20. század

A festékeljárások fejlődése megalapozta a későbbi kemoterápiát (első kísérlet metilénkék használata malária esetén). 1909-ben pedig megtörtént a nagy áttörés, Paul Ehrlich és Sahachiro Hata 606. kísérletük eredményeül felfedezték az [9] arzenamint vagy ismertebb nevén Salvarsant. [10]



5. ábra: Paul Ehrlich (balra) és Sahachiro Hata (jobbra)

(forrás: <http://www.paul-ehrlich.de/img/hata.jpg>)



6. ábra: A salvarsan képlete

(forrás: <http://www.paul-ehrlich.de/img/salvarsan.gif>)

Ez a vegyület volt az első várva várt célzottan ható szer, a „magic bullet”, [9] melyet a súlyos akár életveszélyes mellékhatások (kiütések, májkárosodás) [10] miatt tovább kellett fejleszteni így született meg a neosalvarsan. [9]

A terápia hosszadalmas volt és kellemetlen. Minimális időtartama legalább 18 hónap volt és 20 injekció salvarsan valamint 30-40 bizmut tartalmú injekcióból állt a kezelés. [5]

Végül az 1928-ban felfedezett és a 2. világháború alatt tömeggyártásba kezdett penicillin elhozta a várva várt végső megoldást. [11] Bár a neosalvarsan dominált a szifilisz ellenei terápiában egészen az 1940-es évek végéig. A távol keleten pedig még tovább is (ott framboesia ellen is használták, akárcsak a higanyt). [5]

Arzén tartalmú anyagokat használták matracok tűzállóvá tételéhez is. Emiatt felelőssé tehető egyes bölcsőhalál esetekért, ami annak volt az eredménye, hogy az újszülöttek matracából mérgező arzin-hidrogén gáz szabadult fel az ott jelenlévő izzadság, illetve vizelet és gombás jelenlét hatására. [5]

Az arzénterápia széleskörű elterjedése figyelemre méltó abból a szempontból is, hogy nem volt még előtte olyan kor az emberiség történelmében, amikor egy elemtől ennyire függőt volna nemzetek egészsége. [5]

1.4. Mérgezéses esetek a 20. században

Akárcsak a fentebb tárgyalt Giulia Tofanához köthető esetek a 17. században úgy ismertek hasonló esetek a 20. századból is. Az egyik ilyen híres, hírheft botrány, amely a nemzetközi sajtóban is megjelent a Tiszazugi asszonyok esete.

A magyar Tofana, a nagyrévi bábaasszony Fazekas Gyuláné Oláh Zsuzsanna személyében lépett színre 1911-ben. Csendes tevékenységére egészen 1929-ig nem is derült fény. Noha a helyi lakosok sokszor sejtették vagy épp részt vettek a gyilkosságban mégis több mint 10 évig sikeresen titkolták a módszert, amelyet egy megfigyelésnek köszönhetően talált ki a bábaasszony. Az arzénos légyapírt vízbe áztatta majd az így nyert oldatot adta tovább kérésre vagy végezte el maga a mérgezést. Ezt általában többszöri adagolást jelentett a célszemély életmódjától függően így lehetett ételbe, italba vagy orvosságba csempészni a mérget. A kiválasztott áldozatok az esetek többségében valamilyen módon, anyagilag vagy lelkiileg, de terhére voltak a családjának: ápolást igénylő idősek, hadirokkantak, fogyatékosok, csecsemők, alkoholisták, de szerepelt indokok között is örökség szerzés és féltékenység is. [12]

A folyamatnak végül a gyarapodó gyanús események és névtelen levelek hatására nyomozásba kezdett csendőrség munkája vetett véget. „Összességében hat halálos ítélet született, amelyből hármat végre is hajtottak, nyolc életfogytiglani-, kéttizenöt évi, egy tíz évi, két nyolc évi és egy öt évi fegyházbüntetést szabott ki a bíróság. Hat esetben felmentés és két esetben vádejtés történt” [12]

Az áldozatok pontos száma nem ismert. Ugyan a temetőkből elvégzett exhumálás alapján 162 arzénrel meggyilkolt ember tetemére bukkantak, de az ügy kínossága miatt igyekeztek minél hamarabb befejezni a nyomozást. Az áldozatok valódi számáról így csak találgatások vannak, de akár az ezres nagyságrendet is elérheti. [13]



7. ábra: Kihallgatás Nagyréven

(forrás: <http://www.kosakaroly.hu/adattar/arzen/zug07.html>)

1.5. Napjaink

A kétezres évek elején számos hagyományos kínai orvosság magas arzén, vagy higany tartalommal rendelkezett, ezenkívül az arzén megmaradt, mint fontos összetevő sok kínai szabadalomban és növényi gyógyszerben olyan indikációval, mint például pszoriázis, asztma, tbc, leukémia stb. [9]

Napjainkban az arzén felhasználása az orvosbiológia területén érhető tetten. Új radiógyógyszereknél nitrogén, vagy foszfor atomok szubsztitúciójával, vagy kén atomokhoz kötve érhető el hogy a célmolekulánkban radioaktív nyomjelzőként az arzént hasznosíthassuk.[0]

A 71,72,74-es tömegszámú arzénizotópokat mivel pozitron-bomlók így PET eljárásoknál alkalmazhatjuk.[0] Az arzén-77 izotópot pedig, ami negatív béta-bomló, érzékeny analitikai eljárásoknál, radiokémiai elválasztási módszerek finomhangolásához lehet felhasználni. A tisztán negatív béta-bomló tulajdonsága miatt pedig radio-immuno terápiában és intravaszkuláris sugárterápiában is felhasználható lehet, de lehetséges még az ízületi folyadék túltermelés megakadályozásának kezelésében is alkalmazása.[0]

A fent említett módszerek és gyógyszerek egyelőre azonban kísérleti stádiumban vannak, humán felhasználásuk még nem engedélyezett.[0]

Összefoglalás

A higany és az arzén vegyületek múltja Janus-arcú, jelenük jól kontrollált és meghatározott körülmények között igen hasznos a megfelelő óvatosság mellett. Azonban a jövő bizonytalan. A védőoltásokban használt higanyvegyületek miatt az autizmus lehetséges okozójának tekintik indokolatlanul. A kezelések elutasítása veszélyezteti a fertőző betegségek elleni hatékony és egész populációt érintő preventív tevékenységet. Az átoltottság számának kritikus szintje alá csökkenése esetén az eddig elért hosszú évtizedek gondos és igen költséges eredményei veszélybe kerülhetnek így gyermekeink ismét olyan kórok áldozataivá válhatnak, melyeket gyakorlatilag már legyőztünk tekintettünk.

Irodalomjegyzék

<http://www.kaleidoscopehistory.hu>

dr. Madarász Bálint doktorandusz

1. <http://periodusos-rendszer.krissz.hu/as/az%20arsen%20n/> (megtekintve: 2018.01.10.)
2. <http://www.chemcool.com/elements/arsenic.html> (megtekintve: 2018.01.12.)
3. <http://www.rsc.org/periodic-table/element/33/arsenic> (megtekintve 2019. 09. 29.)
4. <https://www.statista.com/statistics/264961/production-of-arsenic/> (megtekintve: 2018.01.12.)
5. Frankenberger Jr, William T., ed. Environmental chemistry of arsenic. CRC Press, 2001. 1-12.o
<https://doi.org/10.1201/9781482271102>
6. <http://members.iif.hu/visontay/ponticulus/rovatok/hidverok/hephaistos-1.html>(megtekintve 2019.09.29) Hephaistos sántasága Mozsolics Amália V. évfolyam 3. szám · 2001. március, 1976
7. <https://mikedashhistory.com/2015/04/06/aqua-tofana-slow-poisoning-and-husband-killing-in-17th-century-italy/> (megtekintve: 2018.01.13.)
8. <http://mek.oszk.hu/00000/00060/html/007/pc000750.html> (megtekintve: 2018.01.27.)
9. Forrai Judit A "Vénusz nyavalya" történetéből. A szexuális úton terjedő betegségek gyógyítása - történeti áttekintés Komplementer medicina : az integratív medicina szakmai továbbképző folyóirata, 2005. (9. évf.) 3. sz. 50-57. old.
10. <https://web.archive.org/web/20150221234212/http://archive.protomag.com/assets/paul-ehrlich-and-the-salvarsan-wars> (megtekintve: 2018.02.04.)
11. Tan, Siang Yong, and Yvonne Tatsumura. "Alexander Fleming (1881–1955): discoverer of penicillin." *Singapore medical journal* 56.7 (2015): 366. <https://doi.org/10.11622/smedj.2015105>
12. Márton, Fülöp, Hamrák Dóra, Kenesei Zsófia, Lakatos Sára, Mravik Patrik, and Mécs Bálint. "Arzén a Tiszazugban." *Médiakutató* 15, no. 3 (2014): 7-23.
13. Gábor, Gyáni. "Darabolós gyilkosok és arzénes asszonyok." *Bűn és erőszaka Horthy-korban. Rubicon* (2008): 7-8.
http://www.eletestudomany.hu/az_arsen_reneszansza (megtekintve: 2018.02.04.)