Tudományról egyszerűen Hírlevél

Szerkesztette: Feri papa szerda, 2009. december 16.

A kövérség "költségei" és a szokások "hatalma"

A XX. század végétől a kövérség az emberiség legveszélyesebb betegségének számít. Amíg Dél- és Délkelet-Ázsiában, valamint az Európán végigsöprő madárinfluenza-járvány eddig kevesebb, mint száz emberi életet követelt Ázsiában, addig csak hazánkban a 2003-ban elhunytak több mint 50 százaléka az elhízás és a vele kapcsolatosan kialakult betegségek következtében halt meg.

A kövérség (a kóros elhízottság, obezitás) önmagában is betegség, ami a magas vérnyomás, a keringési betegségek, a többféle daganatos elváltozás, a cukorbaj, a krónikus reumás betegségek stb. kialakulásának kockázatát is nagymértékben növeli, de az újabb kutatások szerint pszichoszociális problémákkal és alvászavarokkal is jár. Ezért a kövérség és a következtében kialakuló betegségek okozzák a felnőttkori halálozás nagyobb részét; a fejlett országokban a halálozások 75 százalékát, a fejlődőkben pedig a 40 százalékát.

A magyar népesség egészségi állapota Európában a legrosszabbak között van: a felnőttkori halálozások több mint felét a keringési betegségek okozzák, amelyek évről évre egyre nagyobb gyakorisággal fordulnak elő már a fiatal felnőtt korban is. A keringési betegségek magas előfordulási arányának következménye az is, hogy a születéskor várható élettartam nálunk a férfiaknál 68,6 év, a nőknél pedig 76,9 év, ami mintegy 5-10 évvel alacsonyabb, mint Nyugat- és Észak-Európában.

A kövérség ma már nemcsak a fejlett országokban jelentkezik gócokban mint endémia, hanem a fejlődő országokban is, és várható, hogy ha az egyes országok, illetve a nemzetközi összefogás nem tesz határozott lépéseket ellene, akkor hamarosan világméretekben jelentkezik. Ezt valószínűsítik azok az adatok, amelyek szerint a fejlődő országokban a kóros elhízottság évenkénti gyarapodása jóval magasabb, mint a fejlett országokban.

A kövérség előzménye a túlsúlyosság, ami szintén veszélyes az egészségre, de kisebb mértékben, mint az obezitás. A túlsúly és a kövérség együttes előfordulása 2000-ben az Egyesült Államokban a férfiaknál 68 százalék, a nőknél 62 százalék volt; az egy főre eső nemzeti össztermék (GDP) pedig 35 686 USD (2000. évi adat).

Mexikóban ezek az értékek: a férfiaknál 59,6 százalék (a nőkről nincs adat), a GDP 3840 USD, míg a Dél-Afrikai Köztársaságban élő „fekete” férfiaknál 25,4 százalék, a nőknél 58,5 százalék, a GDP 3310 USD. Ezek a számok azt mutatják, hogy ma már nincs közvetlen összefüggés egy ország gazdasági fejlettsége és a kövérség gyakorisága között. Ma a legtöbb kövér ember a csendes-óceáni szigetvilágban él (Mikronézia, Melanézia, Polinézia), például a mikronéziai Nauru szigetén a férfiak 65 százaléka, a nőknek 70 százaléka kövér, pedig a GDP értéke itt is meglehetősen alacsony: 2000 dollár volt 2001-ben.

A kövérség előfordulása egy népesség állapotának, illetve veszélyeztetettségének az egyik legjobb mutatója. Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) ajánlása alapján a testtömeg jelző, a Body Mass Index (BMI=testtömeg (kg)/testmagasság^2 (m^2)) értéke az, ami a tápláltság mértékét jelzi az általánosan használt járványtani (epidemio-lógiai) vizsgálatokban. A BMI 18,50 alatti értékei az alultápláltságot, a 18,50-24,99 közöttiek a normális tápláltságot, a 25,00-29,99 közöttiek pedig az elhízás enyhe válfaját, a túlsúlyosságot (preobezi-tást) mutatják. A BMI 30,00 feletti értékei már a valódi elhízottságot (obezitást), míg a BMI 40,00 feletti értékei a nagyon súlyos (vészes) kövérséget jelzik.

Az elhízásért felelős tényezők

A kövérség az esetek legnagyobb részében a túlzott kalóriabevitelnek köszönhető, amelyben nagyon sok tényező (genetikus és társadalmi-gazdasági) játszik szerepet.

A belső tényezők közül talán a legfontosabb a leptin gén, amelyet egérben fedeztek fel 1994-ben, majd az is kiderült, hogy embernél is jelen van a 7. kromoszómán. A gén által szabályozott leptin hormon felelős például az étvágy szabályozásáért és az energiatermelés fokozásával a zsír lebontásáért.

A társadalmi-gazdasági tényezők között kevésbé van szerepe az adott ország gazdasági fejlettségének, inkább a különböző társadalmi rétegek, illetve a családok anyagi viszonyainak, a különböző népességhez kötött étkezési hagyományoknak, de még az anya terhesség alatti étkezési szokásainak is, ami azután az újszülöttek és a csecsemők táplálékelfogadási szokásait is befolyásolja.

Az Egyesült Államokban egy nonprofit szervezet, az Élelmiszer Kutatási és Segítő Központ (Food Research and Action Center: FRAC) foglalkozik azokkal, akiket az éhezés és az alultápláltság veszélyeztet. A FRAC kutatásai szerint a kevés bevétellel és így állandó pénzhiánnyal sújtott háztartásokban élők arra kényszerültek, hogy olcsó, de nagy kalóriatartalmú élelmiszereket vásároljanak. Így az egészségtelen táplálkozás miatt egyre több közöttük a kövér ember. Ezért alakult ki például az Egyesült Államokban az éhezés és a kövérség paradoxona.

Bár az elhízottság oka elsősorban a túlzott kalóriabevitel, erre az étkezési és főzési szokásoknak és az ételek elkészítési módjának is nagy hatása van. A fogyasztott ételmennyiségre tehát hatása van a nyersanyagok választékának, az ételek elkészítési módjának, ízletességének, az ételek hőfokának, az asztal ízléses megterítésének, a jóllakottság mértékének és a megszokásos válogatásnak, vagyis annak, hogy egyénileg milyen ételeket kedvelünk. Nagy szerepe van még az egyéni ízlésnek és az ízérzésbeli különbségeknek is.

Táplálkozási szokásaink első kutatói

A hazánk élelmiszer forgalmazásának, illetve fogyasztásának mennyiségi adataival és táplálkozási szokásaival kapcsolatos első részletes kutatási eredményeket Keleti Károly miniszteri tanácsos, az általa létrehozott Statisztikai Hivatal első igazgatója, a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja jelentette meg "Magyarország népességének élelmezési statisztikája physiológiai alapon" címmel 1887-ben. Könyvében többek között a következőket írja: „Eddigelé azt keresték nagyjából - amennyire t.i. megállapíthatták, mit fogyaszt egy ország gabonaneműekben, húsban stb. (bár ez a stb. alig terjedt még egy-két élelmezési vagy élvezeti czikkre, mint czukor, kávé, tea, szeszes italok). Hosszú gondolkodás és számos kísérletezés után fordítottam egyet a szokott kérdésen, nem azt kutatva: menynyit fogyasztanak fejenkint átlag egy-egy országban ebből vagy abból az élelmi vagy élvezeti czikkből, hanem azt kérdeztem: mennyi kell az embernek az életre, az életet t.i. olyképp értelmezve, hogy az ne csak fenntartassék, hanem hogy a gyermek növekedhessék, a felnőtt emberben a munka által fogyasztott erő visszapótoltassék. A természettudományok mai haladásuk mellett teljesen meg képesek felelni e kérdésre."

Keleti könyve korát meghaladóan igen széles körűen tárgyalja az élelmezéssel kapcsolatos kérdéseket a költségektől a különböző népességek termelési-fogyasztási szokásaival bezárólag. Részletesen leírja például a fogyasztott élelmiszerek fehérjetartalmát, az "állatvilágból" és a "növényvilágból" származó élelmiszerek termelését és fogyasztását, a "fehérjemenynyiség" értékét, az élelmezés költségeit, a téli, a nyári és az ünnepi táplálkozás költségeit, a városi lakosság fogyasztási különbözőségeit, az élvezeti cikkek fogyasztását, valamint az élelmezés nemzetiségek szerinti eltéréseit.

"Az ujonczozási eredmények, összehasonlítva az élelmezéssel" című könyvfejezet, ami a testi fejlettséggel és az arra ható tényezőkkel is foglalkozik, különösen érdekes. Többek között azért, mert az akkori sorozási adatok alapján összeveti a testmagasságuk miatt nem megfeleltek (a határ kilenc hüvelyknél volt, ami 1,554 m-nek feleltek meg), illetve a gyenge testalkat és testi hibájuk miatt meg nem feleltek megyénkénti számát a megye népességének fehérjefogyasztásával. A katonaságra nem alkalmas sorkötelesek nagy száma alapján Keleti Károly könyvében leszögezi: az ilyen tömeges testi bajok a megfelelő táplálkozás és az okszerű étrend hiányában keresendők.

Sós József magántanár, magyar királyi közegészségügyi felügyelő 1942-ben megjelent "Magyar néptáplálkozástan" című könyve méltó folytatása Keleti alapvető munkájának és az első hazai, valóban táplálkozástudományi munkának tekinthető.

A hazai újabb kutatások között meg kell említeni az Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézet (ma Országos Élelmiszerbiztonsági és Táplálkozástudományi Intézet) elmúlt húsz évben végzett három nagy táplálkozási vizsgálatának eredményeit, amelyekben a szomatikus összefüggéseket (az obezitást) is vizsgálták. Néhány újabb felmérés pedig már részletesen foglalkozik az ún. szenvedélyszerek (alkohol, dohányzás, drogok) fogyasztási szokásaival is.

Hazai adatok

Talán még a felnőtt népességeknél is fontosabb a gyermekek, különösen a serdülőkorúak fogyasztási szokásainak ismerete, hiszen ezekből az adatokból a következő generáció életvitelét és a munkaképességét befolyásoló egészségi állapotát lehet megbecsülni. Az Országos Gyermekegészségügyi Intézet 2000-ben közölt vizsgálati eredményeiből például kiderült, hogy a fiúk és a lányok fogyasztási szokásai között nagy különbségek vannak. A lányok több gyümölcsöt és nyers zöldséget esznek, míg a fiúk több kólát és cukros üdítőitalt isznak, valamint gyorséttermi "fast-food"-ot fogyasztanak, különösen zsíros hamburgereket, amit nem ellensúlyoz az, hogy több barna vagy rozskenyeret esznek. A vizsgált gyermekeknél az egészséges táplálkozás (növényi rostok és tej) pozitív kapcsolatban volt a szülők magasabb iskolai végzettségével, a település nagyságával, ahol éltek, a család anyagi helyzetével, a gyakoribb testedzéssel és fogmosással. Az iskolázottabbak elsősorban a városokban élnek, akiknek általában jobb az anyagi helyzetük, és általában többet is törődnek gyermekeikkel, testi fejlettségükkel és a higiénével, mint a kevésbé képzettek.

Az Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézetnek (OÉTI) 2003-ban közölt, a 15-18 éves középiskolások között végzett vizsgálatának eredményei azt mutatták, hogy a középiskolások táplálkozási ritmusa rendszertelen volt, gyümölcsöt, nyers zöldséget és zöldféléket, valamint a tej és a tejtermékeket egyáltalán nem fogyasztottak. Ugyanakkor a fiúk 35 százaléka, a lányok 30 százaléka naponta dohányzott, és alkoholt hetente legalább egyszer a fiúk 14,6 százaléka, a lányok 5,9 százaléka fogyasztott. A drogokat pedig a fiúk 15 százaléka, a lányok 11 százaléka már legalább egyszer kipróbálta.

Az OÉTI harmadik, 2003-2004-ben a felnőtteken végzett országos táplálkozási vizsgálatában viszont már némi javuló tendencia volt kimutatható. Például az előző vizsgálatokhoz képest kisebb lett a zsír- és koleszterinbevitel és a korábbinál nagyobb lett a telítetlen és telített zsírsav arány.

A zsírsavaknak két nagy típusa különböztethető meg: a HDL-t szokták "jó koleszterinnek" is nevezni, míg az LDL-t "rossz koleszterinnek". Az LDL koleszterinszint növekedésekor először az egyes szervek sejtjei veszik fel a szükséges koleszterinmennyiséget. Ez a képesség azonban hamar kimerül, ekkor a makrofágok (speciális immunsejtek) kezdik el a további koleszterin felvételét és raktározását. Ha így sem távolítható el a felesleges mennyiség, akkor ez már az érfali sejtekben raktározódik el, ami az érelmeszesedés kezdeti stádiumát jelenti. Ennek elkerülésére fontos a koleszterinszegény étkezés. A HDL viszont a szervezetben lévő koleszterint a májba viszi, hogy ott átalakuljon, majd kiválasztódjon a szervezetből, tehát csökkenti az összkoleszterin-szintet. Ezért a HDL/LDL-arány a szív- és érrendszeri betegségek rizikóját növelő vagy csökkentő fontos laboratóriumi érték.

További kedvező változás volt a nagyobb szénhidrátenergia-arány, valamint az ún. hozzáadott cukrok korábbinál kisebb energiaaránya.

1998-ban, saját vizsgálatunkban, a 18 éves sorkötelesek között végzett felmérésünkben mintegy 8000 fős reprezentatív mintában a testi fejlettséget, az egészségi állapotot, a társadalmi-gazdasági hátteret és a fogyasztási adatokat vizsgáltuk. A BMI átlagértéke minden megyében nőtt a sorköteleseknél 1973 és 1998 között *(1. táblázat)*. A túlsúlyosak és az elhízottak gyakorisága eltérő volt a különböző lélekszámú és eltérő urbanizációs fejlettségű települések között *(2. táblázat)*. Eltérően a BMI átlagértékeinél tapasztaltaknál, az elhízottak (BMI>30,00) gyakorisága nem Budapesten (4,32 százalék), hanem a kisebb településeken (falvak, tanyák) élőknél volt a legmagasabb (4,71 százalék).

Lakóhely	1973			1998			különbség	szignifikancia
	n	M	SD	n	M	SD		
Bács-Kiskun megye	1265	21.6	2.8	1000	22.2	3.8	0,6	***
Borsod-A.-Z. megye	1788	21.4	2.5	926	21.8	3.7	0,4	**
Hajdú-Bihar megye	1348	21.4	2.1	1013	22.1	3.7	0,7	***
Pest megye	792	21.2	3.0	1187	21.9	3.7	0,7	***
Somogy megye	1039	21.7	3.0	862	22.2	3.8	0,5	**
Veszprém megye	1343	21.2	2.6	985	22.0	3.7	0,8	***
Budapest	1376	21.0	2.9	1245	22.3	3.8	1,3	***
Nagyvárosok	544	21.1	2.8	725	21.9	3.9	0,8	***
Együtt	9495	21.3	2.7	7943	22.1	3.8	0.8	***

1. táblázat. A BMI értékei a sorköteleseknél 1973-ban és 1998-ban

A lakóhely típusa	BMI						Együtt	
	<25.00		25,00–29,99		>30,00			
	n	%	n	%	n	%	n	
Falu, tanya	2337	83,43	332	11,85	132	4,71	2801	100
Kisváros	1263	84,14	171	11,39	67	4,46	1501	100
Közepes város	718	86,30	90	10,82	24	2,88	832	100
Nagyváros	836	84,62	107	10,83	45	4,55	988	100
Budapest	911	82,00	152	13,68	48	4,32	1111	100
Összesen	6065	83,87	852	11,85	316	4,44	7233	100

A sorkötelesek fogyasztási szokásainál a gyakran fogyasztott ételek és italok megoszlása nagy eltéréseket mutatott a lakóhely szerint. Az általában "egészséges"-nek tartott étel- és italféleségek fogyasztása magasabb volt azoknál a sorköteleseknél, akik Budapesten, vagy a városokban éltek, ugyanakkor az "egészségtelennek" tartott édességek, sütemények, állati zsiradékot tartalmazó, vagy gyorséttermi ételek nagyobb arányú fogyasztása pedig a kisebb településeken, falvakban lakónál volt kimutatható.

A hat megye közül a Veszprém megyében lakó sorköteleseknél volt a legmagasabb a dohányzók és az alkoholt fogyasztók aránya, a legalacsonyabb pedig a Borsod-Abaúj-Zemplén megyében lakóknál. A nagyvárosok és Budapest lakói közül pedig a debreceni sorkötelesek dohányoztak és fogyasztottak alkoholt a legtöbben, és a budapestiek a legkevesebben. A sorkötelesek 66 százaléka dohányzott, vagy legalább kipróbálta a cigarettázást.

Antal és munkatársai 15-18 éves középiskolásokra kiterjedő országos reprezentatív mintájában a fiúk 35 százaléka dohányzott (2003). A sorköteleseknél tehát a dohányzás jóval nagyobb arányú, mint a középiskolásoknál. A drogokat a középiskolás fiúk 16 százaléka fogyasztotta vagy legalább kipróbálta (2003). A sorköteleseknél a drogok kipróbálását tagadók 90 százalékánál is magasabb arányt valószínűleg a sorozás helyszíne befolyásolta.

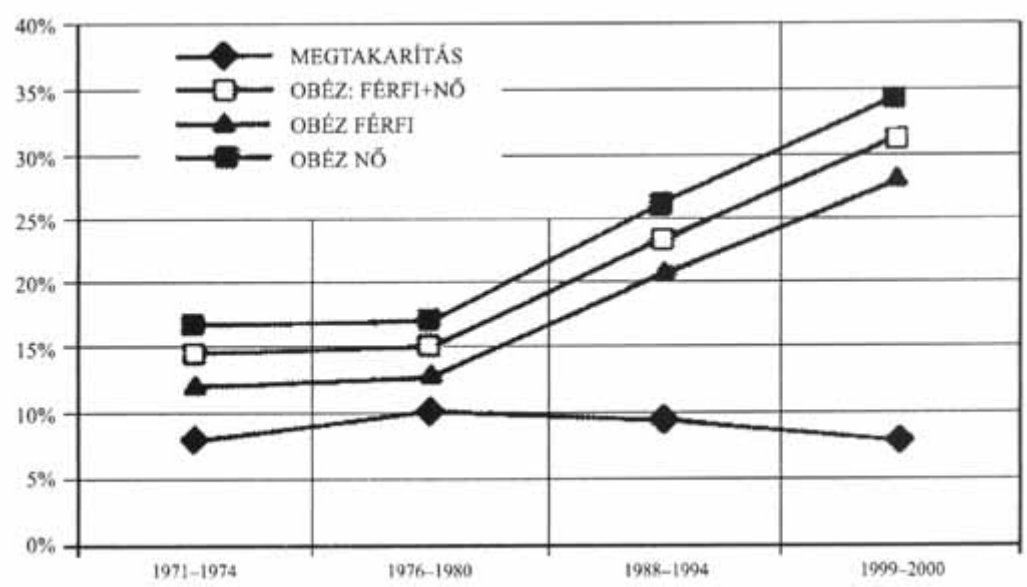
A kövérség költségei

A kövérség "drága" betegség, "költségei" közé tartoznak a társadalom és az egyén számára okozott közvetlen és közvetett költségek, valamint az általa kiváltott, már említett betegségek. Az Egyesült Államokban például 1995-ben a túlsúlyosság és az elhízottság társadalom által fedezett költsége összesen 99,2 milliárd dollár volt, amiből 51,6 milliárd volt a közvetlen egészségügyi kiadásokra fordított összeg. Az elhízottak orvosi kezelésének a költségei 36 százalékkal voltak magasabbak, mint a normál tápláltságúaké. Az obezitással kapcsolatos betegségek miatt 1994-ben elvesztett 39,3 millió munkanap, ami 50 százalékkal több, mint az 1988. évi. A korlátozott munkavégzési napok száma 239,0 millió volt, ami 36 százalékkal volt magasabb, mint 1988-ban. Betegállomány miatt 89,5 millió teljes munkanap esett ki, ez 28 százalékkal magasabb érték, mint amit 1988-ban megállapítottak. Az orvosok 62,7 millió alkalommal látogatták meg a betegeket, ez 28 százalékkal magasabb érték, mint 1988-ban.

Hazánkban a háziorvosi szolgálathoz bejelentkezett 19 évesnél idősebb férfiak és nők leggyakoribb betegségei 2001-ben mind obezitással kapcsolatosak voltak; magas vérnyomás, szív- és keringési rendellenességek, a cukorbaj 2. (felnőttkori) típusa, és az agy keringési rendellenességei.

Kanadában egy, az irodai alkalmazottak között végzett vizsgálatnál 1997-ben az erősen elhízott alkalmazottak 15 százalékkal többet költöttek gyógyszerekre, mint a normál tápláltságúak, vagy a csak kissé elhízottak. Az elhízottak rövidebb idejű munkaképtelenséggel járó betegségeinek a gyógyítása fejenként 13 ezer dollárba került, ami 55 százalékkal volt több, mint a normál tápláltságú hivatalnokok gyógykezelése.

Az elhízottak a kiadások és megtakarítások terén is rosszabb helyzetben vannak, mint a normál tápláltságú emberek. Erre vonatkozóan John Komlos és munkatársai közöltek érdekes adatokat. Egy 2004-ben megjelent közleményükben például arról számoltak be, hogy az Egyesült Államokban az elhízottság gyakorisága az 1970-es évek második felétől 2000-ig rohamosan nőtt, a lakossági megtakarítások összege viszont csökkent *(1. ábra)*. Ezzel egy időben a lakosság eladósodása is nőtt. Kimutatták, hogy kilenc európai országban, valamint az Egyesült Államokban, ahol magas az obezítás gyakorisága, csökken a lakossági összmegtakarítás is.



1. ábra. Az obezitás gyakorisága és az egyéni megtakarítások összege az Egyesült Államokban (Komlos és mts., 2004)

Következtetések

A FRAC kutatási eredményei szerint a kevés bevétellel és így állandó pénzhiánnyal sújtott háztartásokban élők rákényszerülnek arra, hogy olcsó, de magas kalóriatartalmú élelmiszereket vásároljanak és így egészségtelen táplálkozásuk megnöveli ezeknél a rétegeknél az obezitás gyakoriságát. A táplálkozási szokások adnak magyarázatot a túlsúlyosság és az elhízottság lakóhely szerinti különbségeire is. Ugyanis az "egészséges"-nek tekintett élelmiszereket és italféleségeket (tej és tejtermékek, zöldségek és zöldfőzelékek, gyümölcs, rostos gyümölcslé, csirkehús és hal) inkább a nagyvárosi, jobb körülmények között élő ifjak fogyasztották. A magasabb jövedelműek (például a városi lakosok, szemben a falusi lakosokkal) több tejet, tejterméket és gyümölcsöt fogyasztottak már az 1930-as években is például Németországban, Belgiumban, Norvégiban, Ang-liában és az Egyesült Államokban.

Vizsgálatunkban az egészséget inkább veszélyeztető élelmiszereket és italféleségeket többnyire a kisebb településeken élő sorkötelesek fogyasztották. Ez a tény megegyezik a FRAC vizsgálataiban kimutatottakkal, ugyanis az alacsonyabb jövedelműek az Egyesült Államokban is az olcsó, de kalóriában dús ételeket fogyasztják. Ezért alakult ki az Egyesült Államokban az éhezés és kövérség paradoxona. Ezek az élelmiszerek, illetve a hozzájuk kapcsolódó táplálkozási szokások az elhízásnak és az ehhez kapcsolódó keringési és más betegségeknek a rizikófaktorai.

A kutatási eredmények alapján igen nagy a veszélye annak, hogy a ma még endémiás obezitás pándémiává alakuljon át már a közeli jövőben. Ennek következtében az obezitással kapcsolatos költségek tovább emelkednek majd. Ezért például az egészségügyi kiadások abszolút és relatív arányának az emelkedése várható a nemzeti költségvetésben, és az obezitás társult betegségei gyakoriságának a növekedése következtében pedig a termelés veszteségei fognak növekedni. Az egyének szintjén a morbiditás és a korai halálozás arányának a növekedése, az életminőség jelentős csökkenése, a negatív önértékelés arányának a növekedése, és így a depreszsziós állapotok gyakoriságának az emelkedése várható, azzal együtt, hogy az elhízottak több kiadásra és kevesebb megtakarításra számíthatnak.

Hogyan lehetne megelőzni ezeket a súlyos következményeket? Társadalmi szinten például az életkori sajátosságoknak megfelelő speciális programok kidolgozásával, melyek természetesen csak akkor működnek és érik el céljukat, ha "menedzselését" nem kampányszerűen végzik. Fontos továbbá, hogy az obezitást jelentőségének megfelelően "kezeljék" az egészségügyi rendszerekben. Az egyének szintjén pedig az oktatás, továbbá az írott és elektronikus média tudatformáló, felvilágosító tevékenysége eredményeként a túlzott kalóriabevitel elkerülésével, állandó testsúlyellenőrzéssel és a fizikai aktivitás megőrzésével lehet megelőzni az elhízást.

Hazánkban is bíztató kezdeményezések vannak a megelőzés célkitűzéseinek elérésére. Ilyen például a TESZ-é, a "Tegyünk az Egészségünk Színvonaláért Alapítvány"-é, amely egy egészségfejlesztési mozgalom kiindulópontja lehet. Sikereket, eredményeket azonban az ilyen mozgalmak csak széles társadalmi bázison és hosszú távon, 15-20 év alatt érhetnek el.

Gyenis Gyula-Joubert Kálmán

Irodalom

Antal M., Nagy K., Bíró L., Greiner E., Regöly-Mérei A., Domonkos A., Balajti A., Szabó Cs., Mozsáry E. (2003a) Hazai reprezentatív felmérés a középiskolás fiatalok táplálkozás és életmódbeli szokásairól, Orvosi Hetilap, 144: 1631-1636,
Aszmann A., Rózsa S., Németh Á. (2000) A magyar serdülők dohányzása, alkoholfogyasztása és a pszichoszociális környezet, Egészségnevelés, 41, 177-187,
Brillat-Savarin, A. (1912) Az ízlés fiziológiája, Singer és Wolfner, 1912,
Demográfiai Évkönyv 2004 (2005) Központi Statisztikai Hivatal
Egészségügyi Statisztikai Évkönyv 2003 (2004) Központi Statisztikai Hivatal
FRAC (2005) Hunger in the U. S.: www.frac.org/html/hunger, 1-4,
Gyenis Gy., Joubert K. (2005) A BMI, a táplálkozási szokások és a szenvedélyszerek használatának területi különbségei 18 éves sorköteleseknél, An-thropologiai Közlemények, 46, 47-55,
Joubert K., Gyenis Gy. (2001): A 18 éves ifjak egészségi állapota, testfejlettsége, A Népességtudományi Kutató Intézet Közleményei, 70,
Keleti K, (1887): Magyarország népességének élelmezési statistikája physiologiai alapon, Budapest,
Komlos J., Smith P. K., Bogin B. 2004 Obesity and the rate of time preference: is there a connection? J. biosoc. Sci., 36, 209-211,
Nasser J. (2001): Taste, food intake and obesity. Obes, Rew., 2: 213-218,
Nemeskéri J., Juhász A., Joubert K, (szerk,) (1983): A 18 éves sorköteles fiatalok testi fejlettsége, biológiai, egészségi állapota, A Népességtudományi Kutató Intézet Közleményei, 53,
Németh Á., Aszmann A., Nyuli Krisztina (2000) Magyar serdülők táplálkozási szokásai egy nem-zetközi vizsgálat tükrében, Egészségnevelés, 41, 74-84,
Sós J, (1942): Magyar néptáplálkozástan, Magyar Orvosi Könyvkiadó Társulat, Budapest,
WHO Features (1996): Obesity: Take it seriously, deal with it now, Feature, No 190,
WHO PR (1997): Obesity epidemic puts millions at risk from related diseases, WHO Press Release, 46,
WHO TRS (1995): Physical status: the use and interpretation of anthropometry, Report of a WHO Ex-pert Committee, Geneva, World Health Organiza-tion, Technical Report Series, No, 854,
WHO TRS (2000): Obesity: Preventing and managing the global epidemic, WHO Technical Report Series, Geneva, No, 894.
Természet Világa, 137. évfolyam, 11. szám, 2006. november http://www.termeszetvilaga.hu/

HOGYAN SZÓL PITAGORASZ TÉTELE? GONDOLATOK ERRŐL ÉS ENNEK ÜRÜGYÉN

Against Stupidity (A butaság ellen).

A Tényeket Tisztelők Társaságának azért nehéz a dolga, mert olyan állítások ellen küzd, amelyek általában - elvileg-logikailag - nem is lehetetlenek. Sőt vannak olyan esetek, amikor ezek hasznosak is lehetnek. Gondoljunk a placebóra, amely csak azért fejti ki a megfelelő hatást, mert a beteg hisz benne. Sok más olyan eset is előfordul, amikor ilyen dolgokkal "lelki megnyugvást" lehet elérni. Ismeretes az is, hogy sok esetben a lelki (pszichológiai) dolgok megváltoztatják a testi (fiziológiai) állapotot.

Ezért nehéz a csalók ellen küzdeni. Még az is nehéz, hogy meghatározzuk, mit nevezünk csalásnak. Hiszen az sem biztos, hogy ha valaki tudatosan becsap másokat, anyagi előnyök végett, az csaló. Lehet, hogy csak cirkuszi illuzionista.

Először nem ilyen tévhitekről szólok. Ezekben az esetekben senkinek sincs haszna a dolgokból, az elkövető csupán csak ártalmas és másokat "önzetlenül" csap be. A matematikán belül ugyanis nincsenek "valóságos" dolgok, csak a "logika" számít. Azt szoktam mondani a diákjaimnak, hogy mindenki olyan logikát követ, amilyet akar. Amennyiben ez a logika más, az sem baj, de akkor menjen máshova, mert a mi egyetemünkön csak ezzel a logikával foglalkozunk.

De szólni szeretnék arról is, mi tesz lehetővé ilyen csalásokat. Nem tudom, kitől ered az a híres idézet, amely valahogy úgy hangzik, hogy az emberek azt szeretnék, hogy csapják be őket, hát tegyük meg. Valójában az emberi butaságról és/vagy korlátoltságról szeretnék bezsélni. Szerintem a kettő nem ugyanaz. Mindenki többé-kevésbé korlátolt, de nem buta. A következő példák esetében eldönthetik, hogy csak korlátoltság, vagy butaság szerepel-e bennük.

Ismert (állítólagos) Einstein-mondás, hogy két dolog végtelen: az univerzum és az emberi butaság - ám az előbbiről nincs teljesen meggyőződve. De idézhetem, amit nemrég olvastam Asimov Against Stupidity című novellájában: szerinte eredetileg Schiller írta Jeanne d'Arc-ról szóló drámájában, hogy "a butaság ellen maguk az istenek is tehetetlenségre vannak ítélve".

Betűmisztika.

Mintegy tizenkét-tizenhárom évvel ezelőtt részt vettem a "Mindent vagy semmit" televíziós vetélkedőn, de az első forduló után abbahagytam a játékot. Az utolsó kérdésig nem dőlt még el az eredmény. Az utolsó kérdés azonban ez volt: Hogyan szól Pitagorasz tétele? Mivel én voltam a versenyzők között az egyetlen matematikus, azonnal megnyomtam a gombot, és elkezdtem mondani: "Egy derékszögű háromszög befogói hosszának négyzetösszege megegyezik átfogója hosszának négyzetével." A műsorvezető, Vágó István azonban közbevágott: "Ne! Csak a képletet!" Sajnos, megalkuvó voltam, és már mondtam is: "á négyzet plusz bé négyzet egyenlő cé négyzet" ($a^2 + b^2 = c^2$). Még ennél is rosszabb, hogy nem tettem hozzá: ahol a és b egy adott derékszögű háromszög befogóinak és c a háromszög átfogójának a hosszát jelöli. (Kíváncsi vagyok, mit szóltak volna, ha azt mondom, $x^2 + y^2 = z^2$? Ha azt mondták volna, hogy nem jó, akkor szólhattam volna, hogy de bizony igen, mert én vagyok a matematikus, nem ők.) Elrettentő ellentmondásként megemlítem, hogy a koszinusztétel bizonyításánál két derékszögű háromszög is szerepel, és (általában) nem mindkettőnek az oldalait (pontosabban oldalainak hosszát) jelöli a, b és c.

Általános áltudományos - vagy inkább misztikumi - jelenség, hogy egy-egy közismert tételnél csak a formulát mondják anélkül, hogy a betűk értelmét keresnék. Ugyanígy értelmetlen azt mondani, hogy "Einstein híres képlete az $E = mc^2$".

A matematikában és a fizikában, de - gondolom - más természettudományokban is, a betűk nem misztikus, önállóan élő jelek. Rendkívül zavaró, ha a képlet "önálló életre kel". Tudomásom szerint a számmisztika eredete a Biblia, illetve a Talmud. Valójában ez sem számmisztika, hanem "betűmisztika", mert a héber betűk egyúttal számokat is jelentenek. Mondok egy jó számmisztikai példát: Írjuk le az első nyolc természetes számot. Megfelelően "csoportosítva":

$$12 = 3 * 4 \quad \text{és} \quad 56 = 7 * 8.$$

Más ilyen lehetőség egyéb számrendszerben sincs. (Ennek oka az, hogy 2*3-1=5 és 5-nek a természetes számok között két osztója van: 1 és 5.)

De térjünk vissza a betűmisztikához. Az emberek egy része szerint a betűknek - éppúgy, mint a névnek - önálló jelentésük van. Ez néha - ha előzetesen megállapodtunk - igen hasznos. A kémiában az "S" a kén, az "Sb" az antimon stb. Ezek a kérdések szerepelnek a keresztrejtvényekben; sajnos sokszor csak úgy, hogy "kén" - a megfejtés: "S" (ahelyett, hogy a kén vegyjelét kérdeznék). Idegesítőbb, ha matematikai dologról van szó. "A kör sugara" - a megfejtés: "R", vagy "Az átmérő jele" - "D". Miért?? Szeretnék példát hozni más területről is. A hírek közt gyakran szerepel: "dzsidipi", azaz GDP. Hány olyan ember van, aki számára közlik ezeket a híreket? Hány olyan ember van, aki tudja, hogy ez a gross domestic product rövidítése? Hány olyan van, aki tudja, ennek a jelentése: bruttó hazai termék? Minden bizonnyal azért nem használják a magyar fordítást, mert más is megértené!

De térjünk vissza a matematikához, sőt a Pitagorasz-tételhez, illetve egy ebből kiinduló kérdéshez, a "Fermat-sejtéshez". (Ez ma már állítólag bizonyított tétel. Én elhiszem, de a bizonyítást nem láttam és meg sem érteném.) A "sejtés": Nincsenek olyan pozitív a, b, c egész számok, amelyekre egy 2-nél nagyobb, n egész szám esetén fennállna az

$$a^n + b^n = c^n$$ összefüggés.

Amióta ennek igazsága ismert, azóta Magyarországon a televízióban és más médiában is megjelent ennek kritikája és "egyszerűbb" bizonyítása. Az egyik ilyen őrült bizonyítás azt mondja, hogy $a^n + b^n = c^n$ nem lehet, hiszen Pitagorasz tétele szerint $a^2 + b^2 = c^2$!! Erről pedig könnyen bizonyítható, hogy egyszerre nem teljesülhetnek. A baj "csupán" az, hogy senki sem mondta, hogy ugyanazokról a számokról van szó, és a két független képletben ugyanazok a betűk ugyanazt jelentik. Itt is önálló életre keltek a betűk. Ez a feltétel körülbelül ugyanakkora marhaság, mintha azt hinnénk, hogy a kén és a bór egy vegyértékű, és vegyületük az antimon (S + B = Sb).

Az egészben az a szomorú, hagy ilyenek megjelenhetnek anélkül, hogy autentikus és jól vitatkozó személyek kritikáját meghallgatnák (hja, ez az, ami eladható és kifizetődik a jellemtelen hírközlőknek).

A hatvanas évek elején egy "őrült" (ez annak a rövidítése, hogy nem tudja, mi a matematika, csak azt hiszi, hogy tudja) valamilyen dolgozatot beadott a Magyar Tudományos Akadémiához, amit Grätzer Györggyel bíráltattak. Ő röviden azt mondta, hogy "marhaság". Becsületsértési per lett a dologból. Az Akadémia Hajnal Andrást és engem kért fel szakértőnek. Azt mondtuk, a jelző nem a szerzőnek szólt; hanem a műnek. Azt viszont, hogy a mű marhaság-e vagy sem, nem lehet eldönteni, mert nincs benne egyetlen matematikai értelemben vett állítás sem.

Nos, a Fermat-sejtéssel (tétellel?) kapcsolatos esetben is az a helyzet, hogy az indoklásban nincs matematikai értelemben vett bizonyítás. Ez azért kellemetlen, mert a tétel igaz, csak a bizonyítás rossz, sőt értelmetlen. Hasonló dolgok matematikusokkal is előfordulnak. Egyszer egy diákom dolgozatában áthúztam egy rossz bizonyítást, de nem tudtam megmagyarázni, hogy a gondolatmenete hibás. A következő alkalommal megmutattam, hogy ugyanezzel a gondolatmenettel be lehet bizonyítani valamit, ami nem igaz. Szerencsére az illető értelmes volt és belátta, hogy valóban hibás volt a gondolatmenete. De ilyesmi előfordulhat "igazi" matematikusokkal is. Valójában a matematikusok sokszor látják, hogy valami igaz, de nem tudják bebizonyítani (a matematikában nem lehet "megmutatni" a valóságot). Ismeretes, hogy az indiai matematikusok nagyon jók, és "belelátnak" a dolgokba. Sok esetben viszont nem adnak bizonyítást, mert minek bizonyítani azt, amit az istenek igaznak rendeltek el.

Tulajdonképpen a matematikán és más természettudományokon belül is ez igen hasznos jelenség, úgy hívják, hogy intuíció (ösztönös megérzés). Ez a tudományos kutatás motorja. Az ilyen megérzéseket sokszor célszerű kollégákkal, barátokkal megbeszélni és elhitetni velük, hogy ez a jó meglátás. Ettől viszont az állítás még nem lesz igaz. Ezután következik a keserves, sok ötletet kívánó munka. Hasonló ez a ragadozók zsákmányejtéséhez, ez sem mindig hoz sikert. Pontosabban szólva nem azt az eredményt hozza, amit az ember vár. Néha az is hasznos, hogy belátjuk: a "kimondott tétel" nem is igaz, esetleg más tétel igaz helyette, ami talán fontosabb is lehet.

Nevelés.

Mi ezeknek a tévesztéseknek az oka? Az, hogy gyerekkorunk óta a szolgai tiszteletre nevelnek minket. Matematikában arra, hogy a képletet be kell vágni, és gondolkozás nélkül alkalmazni kell. Rövid távon ez persze gyorsabb. Sajnálatos, hogy igen nehéz küzdeni ellene. Több mint ötven éve történt, amikor egy gimnáziumban tanítottam: Az első osztályban elmondtam a kör definícióját és hozzátettem: nehogy ezt szóról szóra megtanulják, mindenki saját szavaival mondja el. Legközelebbre senki sem tudta - kénytelen voltam a "buta megoldást" választani. Persze, vannak dolgok, amit betéve kell tudni. Például ilyenek a versek. De ezek megtanulása sem lehet "bevágás". Először meg kell érteni a mondanivalót, és azután a vers "muzsikáját" követve kell "magunkévá tenni". (Vigyázat! Itt is tilos "erőszakot elkövetni".)

Úgy tűnik, hogy ebben segít a "demokratikus" rendszer. Ezen azt értem, hogy minden egyén saját belátása alapján dönt. Egyetemünkön (legalábbis a matematikus szakon) a legtöbb oktató megköszöni, ha a hallgatóság kijavítja azt, amit hibásan mondott. Riesz Frigyesről hallottam a következő anekdotát: A hallgatók szóltak, hogy valamit hibásan írt. A professzor azt válaszolta: "Ne azt figyeljék, amit írok, hanem azt, amit mondok." Rövid idő múlva szóltak a hallgatók, hogy valamit rosszul mondott. "Ne azt figyeljék, amit mondok, hanem azt, amit gondolok." Egy idő múlva megállt és így szólt: "Ne azt figyeljék, amit gondolok, hanem azt, amit gondolnom kellene."

Az önálló döntésekre visszatérve persze le kell számítani azt, hogy olyanok is részt vehetnek a döntésekben, akik nem értenek a szóban forgó kérdéshez, és szavazataikat annak tükrében adják le, amit egyesek szép szólamokkal elhitetnek velük. De tegyük fel, hogy ilyesmiről nincs is szó. A következő ténynek láttam valahol a bizonyítását: Egy bizottságnak döntést kell hoznia. A bizottság tagjai bizonyos valószínűséggel hoznak jó döntést, és az eredmény is bizonyos valószínűséggel lesz jó. Egyszer azok a tagok, akik kis valószínűséggel döntenek jól, elhatározták, úgy szavaznak, ahogy az, aki a legnagyobb valószínűséggel hoz jó döntést. Mi lett az eredmény? A helyes döntés valószínűsége csökkent. (Persze, ez csak bizonyos konkrét esetben lehet, a megfelelő adatokra már nem emlékszem.) Mi ebből a tanulság? Többek közt az is, hogy csak azt fogadjuk el igaznak, amit mi saját magunk igaznak találunk. Esetleg még azt sem!! Erre is hozhatok egy példát: Három sportoló, A, B és C versenyeznek az a, b, c sportágakban. Megállapodnak abban, hogy az jobb a másiknál, aki legalább két sportágban kisebb helyezési számot ér el. Egyenlő helyezési szám persze nincs. Nemde világos, hogy egyértelmű rangsornak kell kialakulnia, hiszen bármelyik kettő közül valamelyik megelőzi a másikat (ez valóban könnyen látható). Legyenek például az a, b, c versenyszámokban elért helyezési számok e sorrendben az adott versenyzőknél a következők: A-nál 123, B-nél 231 és C-nél 312. Ekkor A jobb B-nél (az a, b versenyek miatt), B jobb C-nél (a c, a versenyek miatt) és C jobb A-nál (a b, c versenyek miatt)! Nos, melyik a legjobb?!

Oktatás, tanítás.

Furcsa élményben lehet részünk, ha kezünkbe veszünk egy-egy tankönyvet. Világért sem mondanám, hogy a tankönyvek általában rosszak. Az viszont biztos, hogy nagyon sok rossz van közöttük. Az anyag színesítésének elvét sok esetben úgy fogják fel, hogy szerepeljen sok színes kép. Tévedés ne essék, nem vagyok ellensége a színes képeknek, de az anyag színesítése nem ezt jelenti, hanem világos, érthető, korrekt, lényegre mutató magyarázatot, amiből kiderül, hogy a matematika (esetünkben erről beszélek) nem valami misztikus dolog. Ja, és még valami: színes, érdekes példákra van szükség. Nem csak a "szöveges" példáknál, hanem a. "számolósaknál" is. Persze, csak annyira, hogy látható és érthető legyen a lényeg, de még ne unják meg az egyhangúságot. A szöveges példáknál külön veszély az "álszöveges" példák esete. Tipikusan nem ilyenek a "terepmérési" trigonometriai feladatok. Vannak viszont olyan eseték, amikor a számolásos feladat helyébe egy "hajánál fogva előráncigált" szöveg kerül. Máig emlékszem gyakorló tanításunkra, amikor (1953-ban) a vezető tanár azt mondta, hogy a negatív számokra nem jó példa az adósság, mert az csak a kapitalizmusban van, a szocializmusban nincs.

Ezekről a dolgokról tanulságos lehet hallani azoknak is, akiknek a gyermekei ma tanulnak matematikát az iskolában, de azoknak is, akik más tárgyakban tapasztalnak hasonló fonák jelenségeket.

Köszönet illeti a T043034 és a T043671 sz. OTKA-támogatást.

FRIED ERVIN

Természet Világa, 137. évfolyam, 5. szám, 2006. május http://www.termeszetvilaga.hu/

Kémiai tévképzetek

"Azonos hőmérsékletű, nyomású és térfogatú száraz vagy nedves levegőben van-e több molekula? Melyik a nehezebb és miért?" - hangzott el a kérdés egy elit gimnázium házi versenyén. A részt vevő 9-11. osztályos tanulóknak mindössze 15%-a tudta a helyes választ: a molekulák száma egyenlő, és a száraz levegő nehezebb, mivel a vízmolekulák tömege kisebb, mint a levegőt alkotó nitrogén- és oxigénmolekulák tömege.

A versenyzők 43%-a szerint a nedves levegőben van több molekula, és ezért a nedves levegő nehezebb, mint a száraz. Nézzünk néhány példát az indoklások közül:

"A nedvességgel teli nehezebb, mivel a vízmolekulák tömege nagyobb, mint a gázrészecskéké." (9. osztályos tanuló)

"A nedvességtartalmú levegő nehezebb, mert a levegő molekuláin páracseppek ragadnak meg, nehezítve így a molekula tömegét, nehezítve így az egész levegő tömegét." (10. osztályos tanuló)

"Molekula a szárazban van több, mivel a nedvesnél a levegő részecskéi közötti helyeket vízmolekulák töltik ki, míg a száraznál a levegő részecskéi közötti helyek is a levegő részecskéivel vannak kitöltve□" (10. osztályos tanuló)

Ilyen, és ehhez hasonló "butaságokkal" nap mint nap találkoznak a kémiatanárok. Általában bosszankodva, olykor elkeseredve, szerencsésebb esetben jót nevetve veszik tudomásul tanulóik meglepő válaszait. Csak kevesen gondolkodnak el azon, vajon miről árulkodnak ezek a válaszok, mi állhat az ilyen - gyakran nem is egyedi - "butaságok" mögött. Miért állítja az egyik tanuló azt, hogy a vízmolekulák tömege nagyobb, mint a gázrészecskéké? Lehet, hogy a másik diákhoz hasonlóan valójában ő is a vízcseppre gondol, amikor vízmolekuláról ír? Miért hiszi azt a harmadik tanuló, hogy a levegőt alkotó részecskék között mindig kell lenni valaminek? Lehet, hogy még erősen él benne az az anyag szerkezetéről kialakult kép, hogy az anyagok valójában folytonosak?

Ezeknek a kérdéseknek a boncolgatása vezet el bennünket egy közel három évtizedes múltra visszatekintő kutatáshoz: milyen, a tudomány jelenlegi állásával össze nem egyeztethető elképzelésekkel, fogalmakkal, értelmező keretekkel (a továbbiakban röviden tévképzetekkel) rendelkeznek tanulóink a különböző természettudományos tantárgyakban. Ezek a kutatások a tanulói tévképzetek feltárásán túl megállapították, hogy - többek között - a tanulók tévképzetei gyakran hasonlóságot mutatnak a tudománytörténetében felbukkant, mára már korszerűtlen "tudományos" nézetekkel, a tévképzetek a tanulás szükségszerű velejárói és kialakulásukban nagyon fontos szerepe van a hétköznapi tapasztalatoknak is.

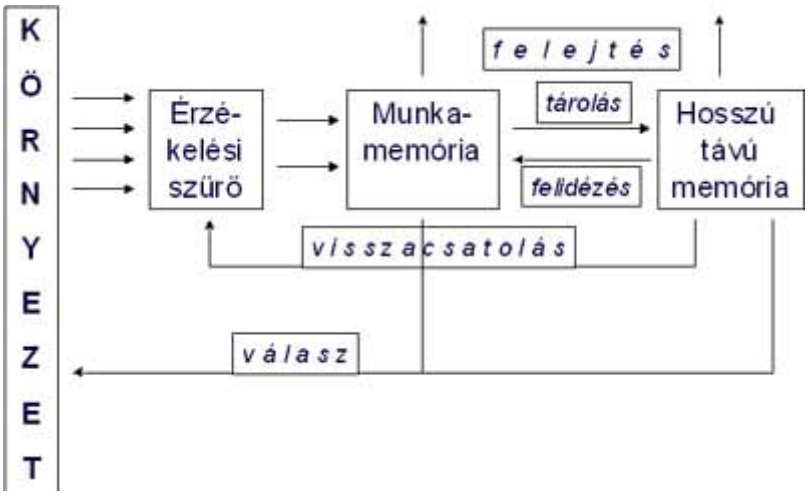
A történelem reinkarnálódik a tanulók gondolkodásában

Számos példát találunk arra, hogy a tanulók tévképzetei hasonlítanak a tudomány történetében korábban felbukkant elméletekhez, a tanuló tehát fejlődése során szinte végigjárja a kémiatörténet fontosabb állomásait. Például az anyagot kezdetben minden tanuló folytonosnak képzeli el, hasonlóan az arisztotelészi anyagelmélethez. Tizenkét éves angol tanulók rajzai árulkodnak arról, hogy a savak részecskéit szúrósnak, a lúgokét simának gondolják - ahogy Lémery, a XVII. században élt tudós is az anyagok fizikai és kémiai tulajdonságait részecskéik különböző alakjával hozta kapcsolatba. Az égés gyermeki értelmezése kapcsán gyakran találkozhatunk a flogisztonelmélethez hasonló megfogalmazásokkal. A német középiskolások (!) jelentős hányada például arra a kérdésre, hogy mi történik a magnézium részecskéivel az égés során, a következő választ adta: "A magnézium kétféle részecskéből áll, az egyik az égés során elpárolog, a másik visszamarad, mint magnézium-oxid."

A napjainkban annyira elterjedt nézet, miszerint a természetes anyagok csak jók, egészségesek, a mesterségesek csak károsak lehetnek, tulajdonképpen az életerő-elmélet modern változatának tekinthető.

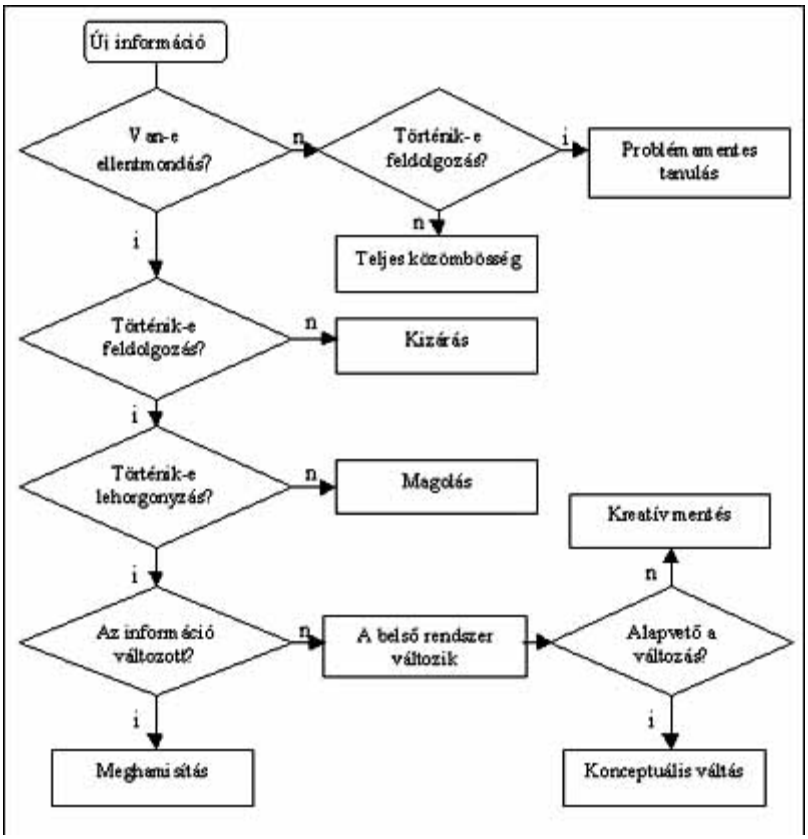
A tévképzetek kialakulása, mint a tanulás egyik formája

A tévképzetekkel foglalkozó kutatók egyetértenek abban, hogy a tévképzetek kialakulása a tanulás szükségszerű velejárója. Ezért érthető módon a korszerű tanuláselméleti modellek (az információfeldolgozási modell és a konstruktivista tanuláselmélet) mindegyikében szerepel a tévképzetekhez vezető tanulás.



1. ábra. A tanulás információfeldolgozási modellje (Johnstone, 2000 nyomán)

Látszólagos illeszkedés. Az információfeldolgozási modell *(1. ábra)* szerint a munkamemóriában feldolgozott új információ hosszú távú memóriában való rögzítése alapvetően négyféle módon (értelmes tanulás, tévképzet kialakulása, lineáris sorban való rögzítés, magolás) történhet. Amennyiben az új információ illeszkedik a már meglévő ismeretekhez, értelmes tanulás jön létre. Előfordulhat azonban, hogy ez az illeszkedés csak látszólagos, ekkor jönnek létre a tévképzetek. Például a középiskolás tanulók jelentős hányada gondolja azt, hogy a béta-sugárzást alkotó elektronok az atom elektronburkából származnak és nem az atom magjából. Az új ismeret (az atomból kilépő egyik sugárzás elektronokból áll) és a már meglévő ismeret (az atom atommagból és elektronburokból áll, ez utóbbi tartalmazza az elektronokat) látszólag jól illeszkedik egymáshoz, a tanuló azt hiszi, hogy a meglévő ismeretei alapján helyesen értelmezi a béta-sugárzás eredetét.



2. ábra. A konstruktivista tanulásmodell blokkdiagramja (Nahalka, 1997 nyomán)

Meghamisítás és kreatív mentés.

A konstruktivista tanuláselmélet *(2. ábra)* szerint a tanulás kimenetele és fajtája szempontjából döntő annak a kérdésnek a vizsgálata, hogy az új ismeret és a már meglévő ismeretek (kognitív értelmező rendszer) között van-e ellentmondás. Ennek a kérdésnek a részletes vizsgálata alapján lehet levezetni a tanulás hétféle kimenetelét (közömbösség, problémamentes tanulás, kizárás, magolás, meghamisítás, kreatív mentés, fogalmi váltás). Ebben a modellben a tévképzetek a meghamisítás és a kreatív mentés esetén jönnek létre. Vegyük példaként a tanulóknak az anyag szerkezetére vonatkozó ismereteit. Felmérések bizonyítják, hogy a diákok még iskolai tanulmányaik vége felé is döntően a folytonos anyag modelljéből próbálják értelmezni az anyagok tulajdonságait és változásait. Mi történik, ha egy ilyen folytonos anyagképpel rendelkező tanuló szembe találja magát azzal az új információval, hogy az anyag apró részecskékből (atomokból, ionokból, molekulákból) épül fel? Hogyan rögzítheti ezt az eddigi anyagképének ellentmondó új információt? Előfordulhat, hogy nem fogadja el, azaz nem tanulja meg és nem hajlandó ezt az új ismeretet használni. Ezt nevezzük kizárásnak. Az érzékelhető ellentmondás ellenére is megtörténhet a rögzítés (feldolgozás) például azért, mert meg kell tanulni és az iskolában "vissza kell adni" ezt az új ismeretet. Ezt nevezzük magolásnak. További lehetőség, hogy a tanuló megpróbálja ezt a két dolgot egymással összekapcsolni ("lehorgonyzás"). Ez csak úgy lehetséges, ha valamelyik ismeret megváltozik. Amennyiben az információ változik meg, létrejön egy tévképzet, és ezt a tanulást a modell meghamisításnak nevezi. Ilyen lehet például az, hogy a tanuló elfogadja ugyan, hogy az anyag apró részecskékből áll (pl. cseppekből, szemcsékből), de ezeket ugyanolyan tulajdonságokkal (színnel, sűrűséggel, keménységgel) ruházza fel, mint magát az anyagot. A fogalmi fejlődés magasabb fokát jelenti a kreatív mentés, ami akkor jön létre, ha a belső értelmező rendszerben történik változás, bár ez nem alapvető változás. Például a tanuló elfogadja, hogy az anyag kémiai részecskékből (atomokból, molekulákból, ionokból) épül fel, és ezeknek a részecskéknek a tulajdonságai nem egyeznek meg az anyagi rendszer tulajdonságaival, de feltételezi, hogy a részecskék között valamilyen folytonos anyag (pl. levegő) található.

Amint látható, az eddigi modellekkel értelmezni tudjuk a tévképzetek létrejöttét, de igazából nem kapunk képet arról, hogy pontosan milyen pszichikus tényezők játszanak fontos szerepet

kialakulásukban, és ezen modellek egyike sem alkalmas arra, hogy eddig még nem ismert tévképzeteket előre megjósoljunk. Ebből a szempontból jelentős Talanquer "Kémia józan ésszel" modellje, amelyet a szerző 2006-ban publikált a Journal of Chemical Education című folyóiratban.

A tévképzetek eredete: a hétköznapi módon való gondolkodás

A modell azon a hipotézisen alapszik, hogy a kémiát (természettudományokat) tanuló emberek fogalmi nehézségei általában a hétköznapi módon való, a józan ész táplálta gondolkodásból erednek. Az emberek gondolkodására egyfajta naiv realizmus jellemző, amely vakon bízik az észlelésben.

A társadalomtudománnyal foglalkozó kutatók számára közismert, hogy a hétköznapi megismerés számos buktatót tartalmaz. Ilyenek a pontatlan megfigyelés, a túláltalánosítás, a szelektív észlelés és az illogikus okoskodás (pl. "a kivétel erősíti a szabályt").

Tapasztalati feltételezések.

A józan ésszel (hétköznapi módon) gondolkodó ember értelmező rendszerében számtalan, a körülöttünk lévő világ megtapasztalásából származó hiedelem található. Összefoglaló néven ezeket hívjuk tapasztalati feltételezéseknek. A tapasztalati feltételezéseknek öt eleme van: a folytonosság, az anyagiság, a lényegiség, az ok-okozatiság és a teleológia.

A *folytonosság* annak feltételezése, hogy az anyag fokozatosan egyre kisebb részekre bontható, és ezek a részek ugyanolyan tulajdonságúak, mint maga az anyag. A folytonosság - mint tapasztalati feltételezés - áll az olyan tévképzetek mögött, mint például "a rézatomok vörösek, a szénatomok feketék, a kénatomok sárgák" vagy "a szilárd anyagok molekulái nehezebbek, a gázoké könnyebbek, mint a folyadékoké" vagy "a savak részecskéi szúrósak, a bázisok viszont puha, sima részecskékből állnak", illetve "hőtágulás során megnő a részecskék mérete". Sajnos, a kémia oktatása során gyakran használt szerkezeti modellek (pálcikamodell, kalottamodell) megerősíthetik ezeket a tévképzeteket, hiszen azokban az atomokat szimbolizáló golyók jellemző színűek, például a szén fekete, a kén sárga. A folytonosság képzete - amint a bevezető példa is mutatja - nagyon rezisztens az oktatással szemben. A tanulók másként használják a részecskemodellt a jelenségek leírására, értelmezésére, mint a tudósok. Ahelyett, hogy a részecskék (atomok, molekulák, ionok) egyedi tulajdonságaiból és a közöttük ható kölcsönhatásokból kiindulva értelmeznék az anyag tulajdonságait, az anyagi rendszer makroszkópos jellemzőit vetítik le az alkotó részecskékre.

Az *anyagiság* azt jelenti, hogy hajlamosak vagyunk az elvont fogalmaknak és folyamatoknak is anyagi természetű jellemzőket tulajdonítani. Ebből adódnak a következő tévképzetek: "a hő a folyadékokhoz hasonlóan viselkedik, pl. áramlik", "a kémiai kötések fizikailag létező anyagi kapcsolatok", "az égéshő benne van az éghető anyagban" vagy "az energiaváltozás - pl. a párolgáshő - az anyag tulajdonsága, nem a folyamat velejárója".

A *lényegiség* szerint az anyagok rendelkeznek tőlük elidegeníthetetlen tulajdonságokkal, melyek akkor is megmaradnak, ha az anyag megváltozik. A józan ésszel gondolkodó diák ezért gyakran azt hiszi, hogy az elemek megtartják alapvető tulajdonságaikat vegyületeikben is. Például "a rozsda nem más, mint a vas egyik típusa", "az ezüst-nitrát nem reagál sósavval, mert az ezüst sem lép reakcióba a sósavval", "az alkálifémek oxidációs száma +1" vagy "a salétromsav minden körülmények között csak savként viselkedhet".

Az *ok-okozatiság* annak hite, hogy bármilyen változás valamilyen külső beavatkozás eredménye, így például a kémiai reakciókat aktív ágensek okozzák passzív ágenseken. Az ehhez kapcsolható legfontosabb tévképzetek: "ha egy sav megtámad egy fémet, akkor a fém megváltozik, de a sav változatlan marad", "a katalizátor nem vesz részt a reakcióban, puszta jelenlétével gyorsítja meg azt" vagy "az egymással reakcióba lépő anyagok nem egyenértékűek, például égés során az éghető anyag fontosabb, mint az oxigén". Azt a helytelen nézetet, hogy egy kémiai reakcióban az egymással reagáló anyagok nem egyenértékűek (vannak köztük fontosabbak és kevésbé fontosak) a szerves kémiában gyakran használatos reakcióegyenlet-írás is megerősíti. A szerves kémikusok ugyanis csak a számukra fontos szerves vegyületek szerkezeti képletét szerepeltetik a reakcióegyenletben, az "egyéb" reagenseket (pl. HCl, $AlCl_3$ stb.) csak a folyamatot szimbolizáló nyílra írják rá, általában a vizsgált szerves vegyület képletéhez képest sokkal kisebb betűmérettel.

A *teleológia* - mint a tapasztalati feltételezések ötödik kategóriája - szerint, ha egy változásban nem tudjuk megadni a változást okozó reagenst, akkor feltételezzük, hogy a folyamatok valamilyen cél megvalósítása vagy szükségletek kielégítése miatt mennek végbe. Az ebből fakadó tévképzetek például: "az atomok vegyüléskor nemesgázszerkezetre törekszenek", "a rendszer mindig kitér a külső hatás elől" vagy "az anyagok azért lépnek reakcióba, hogy az energiájukat minimálisra csökkentsék". A nemesgázszerkezetre "törekvés" elve jó magyarázó keret lehet a második periódusbeli elemek reakciójának értelmezésére. Túlzott hangsúlyozása vezet például ahhoz, hogy még az egyetemi tanulmányaik végén járó kémiatanár szakos hallgatók többsége szerint is a gázállapotú nátriumion stabilisabb, mint a gázállapotú nátriumatom, "mivel a nátriumionnak nemesgázszerkezete van". Pedig tudják/tanulták, hogy a gázállapotú nátriumatomból energiabefektetéssel (ionizációs energia) lehet létrehozni a gázállapotú nátriumiont. Egy rendszer pedig csak akkor "tér ki" a külső hatás elől, ha dinamikus egyensúlyban van, és ez a külső hatás a koncentráció, a hőmérséklet vagy a nyomás megváltozása.

Egy közelmúltban végzett, kis mintás (összesen 314 7-11. osztályos tanulóra kiterjesztett) vizsgálatunk szerint a tapasztalati feltételezésekhez köthető tévképzetek előfordulási gyakoriságát illetően nincs lényeges különbség az egyes évfolyamok között, és a vizsgált tanulókra leginkább jellemző kategóriák a folytonosság és a teleológia. Azt az állítást például, hogy "a szén fekete, a réz vörös, a kén sárga színű, mivel a szénatomok feketék, a rézatomok vörösek, a kénatomok pedig sárgák", a tanulók több mint fele (52%-a) igaznak minősítette.

Reflexgondolkodások.

A reflexgondolkodások vagy más néven a józan ész heurisztikái olyan rövidített gondolkodási sémák, amelyeket gyakran alkalmazunk információk közötti keresgélésben és kiválasztásban, valamint a gyors döntéshozatalban. A reflexgondolkodás legfontosabb elemei az asszociáció, a redukció, a leragadás és a lineáris sorrendiség.

Az első kategória az *asszociáció,* ami azt jelenti, hogy mindennapos asszociációk alapján megalkotott szabályokat alkalmazunk a folyamatok kimenetelének jóslására. Ilyenek például: "sav és bázis reakciója semleges oldatot eredményez", "a természetes anyagok egészségre ártalmatlanok, a mesterséges anyagok egészségkárosítók" vagy "az atomokat mikroszkóppal láthatóvá tehetjük".

A *redukció* a fogalmak és jelenségek leegyszerűsítése annak érdekében, hogy minél kevesebb tényezőt kelljen figyelembe venni. A redukció eredménye például a következő néhány tévképzet: "az atom méretét az elektronok száma határozza meg", "az atomban a protonok száma megegyezik a neutronok számával", vagy "az aromás szénhidrogének általános képlete: C_nH_n, mivel a benzol képlete C_6H_6".

A *leragadás* azt jelenti, hogy bizonyos elveket, stratégiákat és értelmezéseket automatikusan alkalmazunk anélkül, hogy a probléma természetének sajátosságaira tekintettel lennénk. A leragadás figyelhető meg a következő tévképzetekben: "minden vegyület molekulákból áll", "a sósav mindig erős savként viselkedik", "galvánelemet csak két különböző fémből és elektrolitból készíthetünk" vagy "bármely reakció sebességi egyenlete felírható a reakcióegyenlet alapján."

A *lineáris sorrendiség* szerint bármely rendszer változásait események lineáris soraként értelmezhetjük. Az ebből fakadó tévképzetek: "egy többlépéses reakcióban a megelőző lépésnek teljesen be kell fejeződnie ahhoz, hogy a következő lépés elkezdődjön" vagy "egyensúlyi folyamatokban az átalakulás befejeződése után indul meg a termékek visszaalakulása".

A Talanquer-féle modell - mint minden modell - a valóságnak, a tanulók gondolkodásának csak egyszerűsített mása, de alkalmas nemcsak a tévképzetek csoportosítására, hanem kialakulásuk értelmezésére és előrejelzésére is. Ezért is fontos, hogy a tanárok és tanárjelölt hallgatók ismerjék és alkalmazzák ezt a modellt tanítási gyakorlatuk során.

Megjegyzések.

A nemzetközi szakirodalomban publikált kutatási eredmények szerint mára már gyakorlatilag a kémia minden területén feltárták a legfontosabb tévképzeteket. Számos összefoglaló tanulmány tárgyalja ezeket, pl. Garnett és mtsai, 1995; Taber, 2001; Kind, 2004; Horton, 2007.

Az írás alapjául szolgáló kutatásokat az OTKA (T-049379) is támogatta.

IRODALOM

Babbie, E. (2003): A társadalomtudományi kutatás gyakorlata. 6. átdolgozott kiadás, Balassi Kiadó, Budapest.
Garnett, P., Garnett P. és Hackling, M. (1995): Students alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. Studies in Science Education, 25. évfolyam, 1. szám, 69. oldal.
Horton, C. (2007): Student preconceptions and misconceptions in chemistry (Student alternative conceptions in chemistry). www.daisley.net/hellevator/misconceptions/misconceptions.pdf
Johnstone, A.H. (2000): A kémia természete. Magyar Kémikusok Lapja, 55. évfolyam, 8-9. szám, 298. oldal.
Kind, V. (2004): Beyond appearances: Students misconceptions about basic chemical ideas. www.chemsoc.org/learnnet/miscon.htm
Korom E. (2005): Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
Nahalka I. (1997): Konstruktív pedagógia - egy új paradigma a láthatáron (III.). Iskolakultúra, 7. évfolyam, 4. szám, 3. oldal.
Nahalka I. (2002): Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben? Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
Taber, K. (2001): Chemical misconceptions - prevention, diagnosis and cure. Volume I: theoretical background. Volume II: classroom resources. Royal Society of Chemistry, London.
Talanquer, V. (2006): Commonsense chemistry: A model for understanding students' alternative conceptions. Journal of Chemical Education, 83. évfolyam, 5. szám, 811. oldal.

Tóth Zoltán

Természet Világa, 140. évfolyam, 1. szám, 2009. január http://www.termeszetvilaga.hu/