



ACTA  
ACADEMIAE AGRICOLAE  
NOVA SERIE TOM. XLIII.

SECTIO BIOLOGIAE

REDIGIT  
JÁNOS VARGA

EGER, 2016



**A szerkesztőbizottság elnöke:**

Dr. Orbán Sándor  
az MTA doktora

**Szerkesztőbizottság:**

Dr. Fűkőh Levente  
PhD habil. egyetemi magántanár

Prof. emeritus Dr. Kikeli Pál István  
Marosvásárhelyi Orvosi és Gyógyszerészeti Egyetem  
Családorvosi Tanszék

Dudás György  
A Bükki Nemzeti Park  
igazgatóhelyettese

Dr. Vojtkó András  
PhD főiskolai tanár

Dr. Estók Péter  
PhD főiskolai docens

**ISSN 1216-4216**

A kiadásért felelős  
az Eszterházy Károly Egyetem rektora  
Megjelent az EKE Líceum Kiadó gondozásában/Published by  
Líceum Publisher EKE  
Kiadóvezető/Head of publisher: Nagy Andor  
Műszaki szerkesztő/Technical Editor: Lonsták Márton  
Megjelent/Year of publication: 2017  
Példányszám/Number of samples: 50  
Készítette: az Eszterházy Károly Egyetem nyomdája/Printed by  
Károly Eszterházy University Press  
Felelős vezető/Responsible for printing: Kérészy László



# A GABAERG RENDSZER VIZSGÁLATÁNAK LEHETŐSÉGE AZ INTRACELLULÁRIS KÁLCIUMSZINT MONITOROZÁSÁVAL

KOCSIS-TÓTH TITANILLA<sup>1</sup> – EMRI ZSUZSA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Biológia BSc szakos hallgató, <sup>2</sup> Eszterházy Károly Egyetem, Biológiai Intézet Állattani tanszék, E-mail: emri.zsuzsa@gmail.com

**Abstract:**  $\gamma$ -Aminobutyric acid (GABA) is the major inhibitory neurotransmitter in the vertebrate brain and also serves signaling and trophic functions in several non-neural tissues. The molecular heterogeneity of the enzymes, receptors of the GABAergic system provide the fundamental basis for the multiple functions of the system (Schwartz 2008). Through the different GABA receptors several intracellular signaling pathways could be activated, the majority of them via the temporary increase in intracellular free  $Ca^{2+}$  concentration. The cytosolic free  $Ca^{2+}$  concentration normally is very low, the majority of the  $Ca^{2+}$  either bonds to special proteins ( $Ca^{2+}$  binding proteins) or it is imported into the endoplasmic reticulum or mitochondria (Szabó 2009). Cytoplasmic free  $Ca^{2+}$  concentration can be monitored by fluorescent dyes changing their fluorescence upon  $Ca^{2+}$  binding (Kao et al. 1989). Following a stimulus the  $Ca^{2+}$  could arise from extra- or intracellular sources as well, through voltage- or ligand-gated  $Ca^{2+}$  channels or from the intracellular  $Ca^{2+}$  stores (Szabó, 2009). The majority of the transmitters including GABA may affect the intracellular  $Ca^{2+}$  concentration directly or indirectly. Similar GABA-mediated responses could be detected in different cell types (embryonic stem cells, primary lens epithelial cells or astrocytes and neurons from the nucleus accumbens (Molnár és mtsai 2009, Schwartz és mtsai 2010, 2011). The GABA-A receptor-mediated increase in intracellular  $Ca^{2+}$  concentration could be evoked in cell types with high intracellular  $Cl^-$  concentration hence depolarizing  $Cl^-$  current (such as embryonic

stem cells or primary epithelial lens cells) and it is resulted from the opening of voltage-gated  $\text{Ca}^{2+}$  channels. The GABA-B receptor-mediated  $\text{Ca}^{2+}$  responses, however, involved  $\text{Ca}^{2+}$  outflow from the intracellular  $\text{Ca}^{2+}$  stores as well. GABA-B agonists and antagonists could also evoke repetitive  $\text{Ca}^{2+}$  responses or  $\text{Ca}^{2+}$  oscillation (Molnár és mtsai 2009, Schwirtlich és mtsai 2010, 2011).

## Bevezetés

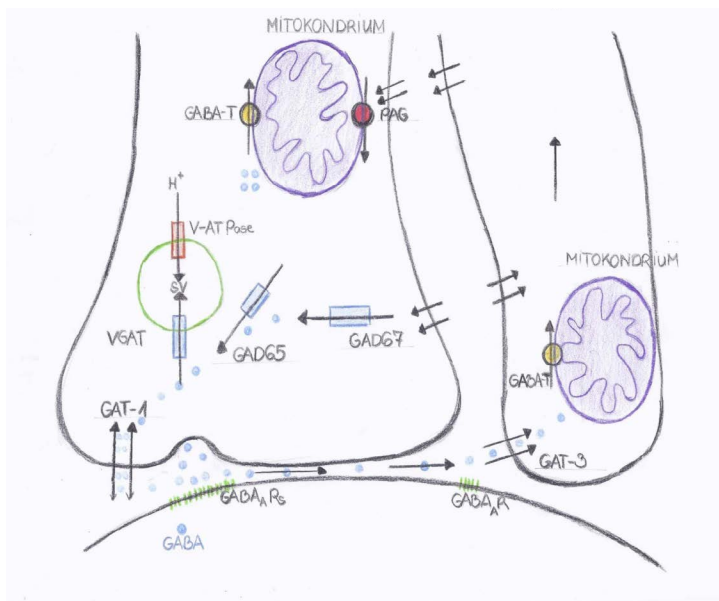
Az újabb molekuláris biológiai és celluláris fiziológiai eredmények azt bizonyítják, hogy a gamma-amino vajsav (GABA) nemcsak mint gátló ingerületátvivő anyag fontos hanem mint a differenciációt, sejtosztódást szabályozó anyag is (Deidda és mtsai, 2014, Schwirtlich és mtsai 2010). A GABA szerepet játszik különböző idegi funkciókban, például a mozgás kialakításában, tanulásban, ezen felül a szaporodásban és a cirkadián ritmusok szabályozásában (Mohler 2006). Mindezeken túlmenően a GABA befolyásolja szinte valamennyi fontos sejtszintű jelenség, így a sejtosztódás, a migráció, axon növekedés, szinapszisok kialakulása és sejtpusztulás folyamatait a fejlődő központi idegrendszerben (Varju 2002). Emiatt a GABA szintézist és felszabadulást irányító enzimek és a GABAerg receptorok számos sejt típusban megtalálhatók és működőképesek (Ong és Kerr 1990, Magnaghi és mtsai 2006, Jenstad és Chaudhry 2013). GABA hatására a sejtmembrán bizonyos ionokkal szembeni áteresztőképessége megváltozik, illetve másodlagos hírvivő rendszerek aktiválódhatnak. Mindkét hatás előidézhethet változást az intracelluláris  $\text{Ca}^{2+}$  dinamikában, és ezt a változást  $\text{Ca}^{2+}$  érzékeny fluorescens festékekkel monitorozhatjuk. A továbbiakban a GABA rendszert, és a GABA intracelluláris  $\text{Ca}^{2+}$  szintre gyakorolt hatásait mutatjuk be, majd röviden kitérünk a GABA rendszer aktiválására előidézhető  $\text{Ca}^{2+}$  válaszokra.

## A GABAerg rendszer

### *GABA szintézise és lebontása*

Az emlős agyban, a GABA elsősorban glutamátból képződik egy dekarboxilációs lépésben, amelyet kétféle glutaminsav dekarboxiláz (GAD) enzim, a GAD65 és GAD67 katalizálhat. A két GAD izoforma fehérje szintű ho-

mológiája nagyfokú, de a kofaktorhoz (piridoxál-foszfát -PLP) való kötődés erősségében és a sejten belüli lokalizációjukban különböznek (Bu és mtsai 1992). A GAD65 túlnyomórészt idegvégződésekben található és a vezikuláris GABA termelődését biztosítja, a GAD67 pedig elsősorban a citoplazmában mutatható ki, és feltehetően a citoplazmatikus GABA-készlet kialakításáért felelős (Buddhala és mtsai 2009). Magát a GABA molekulát a vezikuláris GABA transzporter (VGAT) juttatja be a szinaptikus vezikulába, és kalcium-függő exocitózis révén jut ki az idegvégződésekbe. Ugyanakkor ismert a GABA-szekréció egy úgynevezett nem-vezikuláris formája is, ami kiemelten fontos lehet az egyedfejlődés folyamán (Schwirtlich 2008). A GABA hatását ionotróp GABA-A és GABA-C, illetve metabotróp GABA-B receptorok aktiválása révén feje ki. A GABA-t a plazmamembrán GABA transzporterei (GAT) a pre-szinaptikus GABA-erg idegvégződésekbe és/vagy környező gliasejtekbe juttatják, ahol a mitokondriumokban a GABA transzamináz enzim segítségével szukcinil-szemialdehiddé és glutaminsavvá alakul (Schousboe és mtsai 1977), ezzel zárva a jelátviteli folyamatot (1. ábra).



1. ábra GABAerg rendszer schematikus rajza

### *GABA receptorok*

Molekuláris szerkezetük és funkciójuk alapján két, alapvetően eltérő típusú GABA receptort ismerünk. A GABA-A és a GABA-C receptor ún. ionotrop receptor, vagyis maga a receptor molekula (ill. alapegységei) képezik az ionszarnát (Johnston 1996). Ezek a fehérje alagségek a hozzá kapcsolt transzmitter hatására megváltoztatják konformációjukat, ezáltal a szarná kinyílik vagy bezárul. A GABA-B receptor metabotropikus receptor, esetében a receptor G protein segítségével éri el effektor rendszerét (Boweri és mtsai 1984). A transzmitter kötődése különböző szignáltranszdukciós mechanizmusokat indít be, és ennek eredményeként változik meg a membrán egyes ionokkal szembeni átjárhatósága, és/vagy aktiválódik az adenilát cikláz enzim. Működési sajátosságaik miatt a metabotrop receptorok lassúbb, elhúzódoóbb hatást váltanak ki, mint az ionotrop receptorok (Szabó 2009).

A GABA-A-receptor aktiválásakor  $\text{Cl}^-$  szarná nyílik ki, és ezen az elektrokémiai gradiensnek megfelelően  $\text{Cl}^-$  áramlik át. Általában a  $\text{Cl}^-$  a sejt belségebe áramlik az extracelluláris térből, a sejtmembrán hipepolarizációját okozva, de számos neurontípus esetében kimutatták, hogy embrionális korban a bennük levő nagy mennyiségű  $\text{Cl}^-$  miatt a kloridgradiens fordított irányú: GABA hatására az ionszarnán keresztül  $\text{Cl}^-$  kiáramlás történik, azaz a membrán depolarizálódik, tehát ebben az esetben a GABA serkentő transzmitterként viselkedik (Leinekugel és mtsai 1999). A metabotrop GABA-B receptor heterodimer protein, GABA-BR1 és GABA-BR2 receptor-alegységekből épül fel. Attól függően, hogy a sejttesten dendriteken vagy az axonvégződésen helyezkedik-e el a receptor más hatást eredményez aktiválása. A sejttesten vagy dendriteken elhelyezkedő GABABR-ok aktivációjakor elnyújtott posztzinaptikus gátlás alakul ki  $\text{K}^+$  szarnák nyitásával, vagy cAMP keletkezik és aktivál különböző kináz és foszfatáz enzimeket, míg a preszinaptikus receptor aktiválásakor csökken a  $\text{Ca}^{2+}$  beáramlás az axonvégződésbe, és így kisebb lesz a neurotranszmitter felszabadulás (Chalifoux és Carter 2011). A GABA-B receptor génextpressziós változásokat is előidézhet, a G-fehérjékhez kapcsolt jelátviteli útvonalak aktiválása révén (Ong és Kerr 2000).

### *GABAerg rendszert moduláló anyagok*

GABAerg rendszeren GABA-n kívül a GABA lebontás egyik lehetséges terméke a gamma-hidroxi-butirát (GHB) is hathat. Elégé kis affinitással rendelkezik a GABA-B receptorhoz, emiatt a szervezetben fiziológiásan keletkező GHB hatását a GABA-B receptorokon sokan megkérdőjelezzik. Patológiásan keletkező vagy külsőleg bevitt GHB viszont bizonyítottan aktiválja a GABA-B receptorokat (Emri és mtsai 1996). Farmakológiailag a GABA-A receptort szelektíven muscimollal, míg a GABA-B receptorokat baclofennel (béta-(4-chloro-phenyl)-gamma-aminobutirát) aktiválhatjuk. A GABA-A receptort bicucullinnal, gabapentinnel míg a GABA-B receptort CGP55845 (3-Aminopropil-dietoximetil-foszfiniksav) gátolhatjuk (Olsen és DeLorey 1999).

### **Sejten belüli másodlagos hírvivő rendszerek**

A sejtekben egymással kapcsolatban levő többféle mechanizmussal is aktiválható jelátviteli útvonalak alkotnak hálózatot. A hálózat egyik központi eleme az intracelluláris szabad  $Ca^{2+}$  amelynek a nyugalmi szintje igen alacsony. Azok az enzimek, amelyek a cAMP szintjét befolyásolják:  $Ca^{2+}$ -kalmodulin szabályozás alatt állnak, vagyis a sejten belüli  $Ca^{2+}$  szinttel is regulálhatók. A protein kináz A enzimek foszforilálhatnak  $Ca^{2+}$ -ioncsatornákat,  $Ca^{2+}$  pumpákat, így megváltoztatva azok aktivitását és ezzel a sejten belüli  $Ca^{2+}$  koncentrációváltozás dinamikáját. A sejtmembránban előforduló szfingolipidből is keletkezhet másodlagos hírvivő molekula. Több különböző szfingomielináz is hidrolizálhatja a szfingolipideket. A hidrolízis során ceramid keletkezik, amiről kimutatták, hogy részben protein kinázok, ceramid-aktivált protein kinázok (CAPK), részben pedig foszfatázok, ceramid-aktivált protein foszfatázok (CAPP) aktivátora (Darvas és László 2005). Az alábbiakban a legfontosabb intracelluláris hírvivő rendszereket és kapcsolatukat az intracelluláris  $Ca^{2+}$  koncentrációval ismertetjük röviden.

### *Diacilglicerín (DAG)*

A foszfolipáz C elbontja a plazmamembrán inozitol foszfolipidjei közül a foszfatidil-inozitol-biszfoszfátot (PIP2). A reakciók során inozitol triszfoszfát (IP3) és diacilglicerín (DAG) keletkezik. A PIP2-ből származó másik mo-

lekula a hidrofób jellegű DAG, a plazmamembránban marad protein kináz C-t aktiválja (C-kináz vagy PKC). Ez az enzim alap állapotban a citoszolban van, de amikor a  $\text{Ca}^{2+}$ -koncentráció megemelkedik, a membránhoz helyeződik, ahol aktiválódik. Hatását a legtöbb sejtben transzkripciós szinten fejt ki. A DAG-ból további lépések során arachidonsav is keletkezhet, amelyről szintén kimutatták, hogy sejtben belüli hírvivő molekula (Darvas és László 2005).

### *Inozitol-trifoszfát IP3*

Az IP3 a membránon található lipid bomlásterméke és a plazmamembrán-receptor ligand általi aktivációját a citoszol felé közvetíti. Az IP3 egy víz oldékony molekula, ami igen gyorsan a citoszolba diffundál, és a SER membránján lévő IP3 receptorhoz kötődik. (Darvas és László 2005) Az IP3 azáltal, hogy a receptorhoz kötődik, indukálja az IP3-receptor- $\text{Ca}^{2+}$ -release-csatornák kinyitását, amely működésük alapján hasonlítanak a szarkoplazmás retikulum  $\text{Ca}^{2+}$  ioncsatornáihoz. Az IP3 – receptor működésének legfontosabb szabályozója maga az általa szállított ion, a kalciumion: az IP3  $\text{Ca}^{2+}$ -mobilizáló képessége függ az éppen aktuális citoszolikus  $\text{Ca}^{2+}$  koncentrációtól. (Szabó 2009)

### *Intracelluláris $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ raktárak*

A citoszolban található  $\text{Ca}^{2+}$  80-90%-a intracelluláris proteinekhez és membránfelszínekhez kötött állapotban található, a maradék képezi a szabad  $\text{Ca}^{2+}$ -t. Nyugalmi szabad  $\text{Ca}^{2+}$  koncentrációja a sejtek nagy részében alacsony, 100 és 200nM között van. A kis  $\text{Ca}^{2+}$ -koncentráció egyrészt lehetővé teszi a magasabb rendű szervezetekre jellemző, foszfátvegyületeken alapuló anyagcserét anélkül, hogy hidroxapatit kristályok válnának ki a citoszolban, másrészt lehetővé teszi az ion másodlagos hírvivőként való felhasználását: már kis mennyiségű ion energiaigényes mozgatása is nagy  $\text{Ca}^{2+}$ -koncentráció változásokat eredményez (Szabó 2009). A kalciumionok diffúziója a citoszolban sokkal lassabb és sokkal behatároltabb, mint akármelyik más másodlagos hírvivőé (pl: IP3) az igen nagyszámú, majdnem teljesen immobilis  $\text{Ca}^{2+}$ -kötőhely miatt (2. ábra). Az extracelluláris tér felől sejtbe érkező  $\text{Ca}^{2+}$  nagyon lassan vagy egyáltalán nem érné el a sejt belső régióit, nagyobb sejtekben csak lokális hírvivő lenne. Emiatt a legtöbb sejtben a  $\text{Ca}^{2+}$  szint



emelkedésének két forrása ismert: a  $\text{Ca}^{2+}$  a citoszolba kerülhet a sejten kívüli térből ligand- vagy feszültség függő ioncsatornákon keresztül (2. ábra), vagy a sejten belüli raktárakból az endoplazmatikus retikulumból (ER) és a mitokondriumokból (2. ábra) (Darvas és László 2005). A mitokondriumok jelentős, relatíve nagy kapacitású, csekély affinitású intracelluláris  $\text{Ca}^{2+}$  raktárak. A raktárban a kalciumionok felvételét a mitokondrium belső membránjában található (elektrogén) „független szállító” végzi, mely az újabb kutatások szerint inkább ioncsatorna, mint karriermolekula. Az emlőssejtek gyorsan reagáló kalciumraktárát az endoplazmatikus retikulum (ER) adja. Az ER vesz részt a citoszol  $\text{Ca}^{2+}$ -koncentrációjának szabályozott, gyors változásaiban, a  $\text{Ca}^{2+}$  forgalom, jelentős része az ER speciálizálódott részeiben játszódik le: mint például az izomsejtek szarkoplazmatikus retikulumban (SR), nem izomsejtek kalcioszómájában. A mitokondriumok és a  $\text{Ca}^{2+}$  forgalomra specializálódott ER területeken kívül számos további, lassan reagáló kalciumraktár is található a sejten belül amelyeknek neutrális vagy alkalikus pH-juk van, ATP-függő  $\text{Ca}^{2+}$ -felvételre képesek, és se  $\text{IP}_3$ -receptor és se rianodin receptor nincs rajtuk. A legvalószínűbb ilyen raktárak a transz-Golgi hálózat és az ER kalciumforgalomra nem specializálódott részei lehetnek. (Szabó 2009)

#### *$\text{Ca}^{2+}$ felszabadulás belső raktárakból.*

A SER-ből való  $\text{Ca}^{2+}$  felszabadulást kiváltható ligand- vagy feszültség-függő  $\text{Ca}^{2+}$ -csatornákon keresztüli  $\text{Ca}^{2+}$  beáramlással vagy G proteinhez kötött receptorok aktiválásával. A különböző mechanizmusok között az  $\text{IP}_3$  molekula létesít kapcsolatot. A G proteinek foszfolipáz C enzimet aktiválják, ez az enzim foszfatidil-inozitol-bisz-foszfáton keresztül  $\text{IP}_3$ -at és DAG-ot állít elő. Az  $\text{IP}_3$   $\text{Ca}^{2+}$  csatornákat alakítja ki a SER felületén, és lehetővé teszi a  $\text{Ca}^{2+}$  kiáramlást a SER-ből. Az  $\text{IP}_3$  kialakulását a  $\text{Ca}^{2+}$ -calmodulin-függő protein kináz-II és a cGMP-függő protein kináz szabályozza (Mikoshiha 2007). A  $\text{Ca}^{2+}$ -függés haranggörbével írható le, emelkedő  $\text{Ca}^{2+}$ -koncentrációk mellett az  $\text{IP}_3$  hatása fokozódik, maximális a  $\text{Ca}^{2+}$ -mobilizáló képesség  $\sim 300\text{nM}$  intracelluláris  $\text{Ca}^{2+}$ -koncentráció mellett figyelhető meg, ettől nagyobb  $\text{Ca}^{2+}$ -koncentráció már gátolja az  $\text{IP}_3$  indukálta  $\text{Ca}^{2+}$ -felszabadítást. A kezdeti  $\text{Ca}^{2+}$ -felszabadulás pozitív visszacsatolással fokozza a kalciumion-kiáramlást, a  $\text{Ca}^{2+}$  fokozatos citoszolikus akkumulációja pedig aktiválja a nega-

tív visszacsatolást. Az IP<sub>3</sub> legnagyobb része gyorsan lebomlik, kisebb része viszont tovább foszforilálódhat és így elnyúltabban növeli a Ca<sup>2+</sup> szintet. (Darvas és László 2005). A receptor feedback- (visszacsatolás) szabályozása igen nagyfokú hasonlóságot mutat a kalcium-indukált Ca<sup>2+</sup> felszabadulás (CICR) mechanizmusával. CICR kialakításában a SER rianodin receptorai vesznek részt. Az IP<sub>3</sub>- és a rianodinreceptorok egy sejtben egyszerre is jelen lehetnek, biztosítva ezzel a Ca<sup>2+</sup>- függő folyamatok többirányú szabályozhatóságát (Mikoshiha 2007).

Az ER/SR lumenében felvett kalciumionok egy része szabad marad, túlnyomó többségük azonban kalciumokat raktározó fehérjékhez kötődik. A két legjelentősebb kalciumraktározó fehérje, a kalszekvesztrin (CSQ) és a kalretikulín (CR) nagy mennyiségben fordul elő, csekély affinitású, nem specifikus kalciumkötő helyük van. Elsődleges szerepük a Ca<sup>2+</sup>- raktározás biztosítása a gyorsan mobilizálható kalciumraktárakban, valamint ezzel egyidejűleg az intraluminális kalciumion koncentráció-változások pufferolása. A stabil intraluminális Ca<sup>2+</sup>- koncentráció igen fontos szerepet játszik az ER egyéb funkcióiban is, többek között számos intraluminális és integráns fehérje harmadlagos struktúrájának létrehozásában és fenntartásában (Szabó 2009). A citoszól alacsony Ca<sup>2+</sup> koncentrációjának fenntartásában a Ca<sup>2+</sup>-ATP-áz enzimfehérjék játszanak fontos szerepet, ezek pumpálják ki a sejt belsejéből a Ca<sup>2+</sup>-kat jelentős koncentrációgradiens (külső oldalon kb. 1-2 mM a Ca<sup>2+</sup> koncentráció) ellenében (Bonting és mtsai 1980). A plazmamembrán-kalciumpumpák távolítják el a sejtaktiváció, ingerlés következtében citoszólba került Ca<sup>2+</sup>-kat és állítják vissza az eredeti intracelluláris Ca<sup>2+</sup> szintet. A plazmamembrán kalciumpumpái calmodulin hatására aktiválódnak. A kalmodulin molekula kooperatív módon köt 4 Ca<sup>2+</sup>-ot (azaz az első Ca<sup>2+</sup> kötődése elősegíti a következő Ca<sup>2+</sup> kötődését és így tovább). A kalmodulin konformációját Ca<sup>2+</sup> kötés oly módon változtatja meg, hogy a Ca<sup>2+</sup>-kalmodulin komplex képessé válik számos intracelluláris enzimhez való kötődésre és azok aktiválására. (Szabó 2009). Az SR-membrán Ca<sup>2+</sup> - ATP-áz fehérjéi, szemben a plazmamembrán-kalciumpumpával, nem igénylenek kalmodulint működésükhöz. Az SR-kalciumpumpa- mely egy ATP- és egy kis, valamint egy nagy affinitású Ca<sup>2+</sup>-kötő hellyel rendelkezik. többlépcsős folyamatban juttatja át a Ca<sup>2+</sup> a citoszólból az SR belsejébe. Az egyes ionpumpák -fehérje-alegységeinek molekulatömege hasonló, és aminosavszekvenciájuk nagyon

konzervatív (sok részletben azonos), ami arra enged következtetni, hogy e fehérjék evolúciója valószínűleg egy közös „ősből” (prekurzorból) eredt, és az evolúció során fejlődtek ki a specifikus ionkötő helyek.  $\text{Ca}^{2+}$ -kalmodulin komplex számos eukarióta sejtben aktiválja a plazmamembrán  $\text{Ca}^{2+}$  ATP-ázt, ezzel fontos negatív visszacsatolást biztosít a citoszol  $\text{Ca}^{2+}$  koncentrációjának szabályozásában (Reis és mtsai 1996).

A kalciumszignál sejtben belüli tovaterjedésének kulcsa az intracelluláris raktárak térben és időben koordinált aktiválása az igen szolubilis IP3 gyors eloszlásával és/vagy önmagát erősítő, regeneratív  $\text{Ca}^{2+}$  felszabadulással (CICR). Az IP3 hatását utánozzák a  $\text{Ca}^{2+}$  ionofórok, mint például az A23187 ill. az ionomicin. Az ionofórok olyan kis hidrofób molekulák, amelyek jelentősen megnövelik a plazmamembrán ionokkal szembeni átjárhatóságát. (Darvas és László 2005)

### **$\text{Ca}^{2+}$ aktivált sejtválaszok**

Az intracelluláris  $\text{Ca}^{2+}$ -koncentráció extracelluláris jelek által kiváltott emelkedés számos sejtválaszt indít el. A  $\text{Ca}^{2+}$  koncentrációt, mint jelet, a kalciumot specifikusan kötő fehérjék továbbítják a kalciumfüggő sejtválaszok során. Az eukarióta sejtekben az egyik ilyen fehérje a kalmodulin.  $\text{Ca}^{2+}$ -kalmodulin komplex legjobban ismert szabályozó szerepe a  $\text{Ca}^{2+}$ -kalmodulin függő proteinkinázokon (CaM-kináz) keresztül nyilvánul meg. A CaM-kinázokat a  $\text{Ca}^{2+}$ -kalmodulin komplex aktiválja. Az aktivált kináz pedig a fehérjék treonin oldalláncait foszforilálja, és ezzel megváltoztatja a célfehérjék működését. A citoszol  $\text{Ca}^{2+}$ -koncentráció változását követő sejtválasz attól függ, hogy milyen CaM-kináz és célfehérje kombináció található a sejtben. A szűk szubsztrátspecifitású CaM-kinázok csak egy meghatározott célfehérje működését szabályozzák, mint például a glikogén-foszforiláz enzim, amely a glikogén lebontását aktiválja, vagy a miozin könnyűlánc-kináz, amely a simaizom összehúzódását aktiválja (Walsh 1991). A CaM-kinázok másik csoportja széles szubsztrátspecifitású, ún. multifunkcionális CaM-kinázoknak nevezzük. Ezek a CaM-kinázok nem rendelkeznek jól meghatározott célfehérjékkel, mint például a CaM-kináz II., amely membránfehérjéket (pl: ioncsatornákat), gének átírásáért felelős fehérjéket és a citoszkeleton egyes elemeit foszforilálja és ezeken keresztül igen sok szinten befolyásolja különböző sej-

tek működését, beleértve az idegsejtek közötti kommunikációt, a sejtek ingerlékenységét, a szekréciót, a sejtalakat és gének kifejeződését (Szabó 2009). A CaM-kináz II. egy speciális tulajdonsága teszi alkalmassá az enzimet a  $\text{Ca}^{2+}$  oszcilláció dekódolására is. A CaM-kináz II. két doménből egy gátló és egy katalitikus doménből áll.  $\text{Ca}^{2+}$ -kalmodulin hiányában az enzim inaktív állapotban van, majd  $\text{Ca}^{2+}$ -kalmodulin kötődés következtében az enzim katalitikus doménje foszforilálni képes célfehérjéket is és a gátló domént is. A gátló domén foszforilációja az enzim aktiválását függetleníti a citoszolikus  $\text{Ca}^{2+}$  - koncentrációtól, vagyis a kináz aktivitás megmarad, akkor is ha a  $\text{Ca}^{2+}$ -kalmodulin komplex disszociál az enzimről. A CaM-kináz II. ezt követően addig marad aktív, míg foszforilált gátló doménről protein-foszfataz enzimek a foszfát csoportot le nem hasítják (Yang és Schulman 1999). A CaM-kináz II tehát molekuláris memóriaegységként viselkedik, a  $\text{Ca}^{2+}$ -kalmodulin komplex aktiválja amikor a citoszolikus  $\text{Ca}^{2+}$  - koncentráció megemelkedik, és az aktív állapot fennmarad a citoszolikus  $\text{Ca}^{2+}$  -koncentráció visszaállása után is. Ha egy újabb  $\text{Ca}^{2+}$  szint emelkedés akkor következik be, amikor a CaM-kináz II enzimek még aktívak, akkor az újonnan aktiválódott enzim-molekulák hozzáadódnak a még meglévő aktív enzimekhez. Így, függően a  $\text{Ca}^{2+}$  oszcilláció frekvenciájától különböző mértékű aktivitás összegezés, azaz az oszcillációk frekvenciájától függő amplitúdójú, de folyamatos CaM-kináz II. aktivitást kapunk. A frekvencia kódolt információt tehát amplitúdó-kódolt információvá alakítja át ez az enzimrendszer. Mivel a CaM-kináz II. aktivitása függ a megelőző  $\text{Ca}^{2+}$ -impulzusoktól, ugyanakkor az idegsejtekben  $\text{Ca}^{2+}$ -koncentráció változások követik a sejtek aktivitását, ezért nagy jelentőséget tulajdonítanak ennek az enzimnek a memória kialakításában és egyes tanulási folyamatokban is. (Alkon és mtsai 1986)

### **Az intracelluláris $\text{Ca}^{2+}$ szint vizsgálata**

*$\text{Ca}^{2+}$ -érzékeny festékek: Fluo3-Fluo4*

A Fluo származékok nagyon érzékeny festékek a sejtekben levő  $\text{Ca}^{2+}$ -szint változás mérésére melyet Tsien és munkatársai fejlesztettek ki (Kao és mtsai 1989). A Fluo festékcsaládot nagy fluoreszcens növekedés jellemzi (>100-szoros) a  $\text{Ca}^{2+}$  kötésekor, ezáltal jól kiemeli a  $\text{Ca}^{2+}$  koncentráció változásokat,

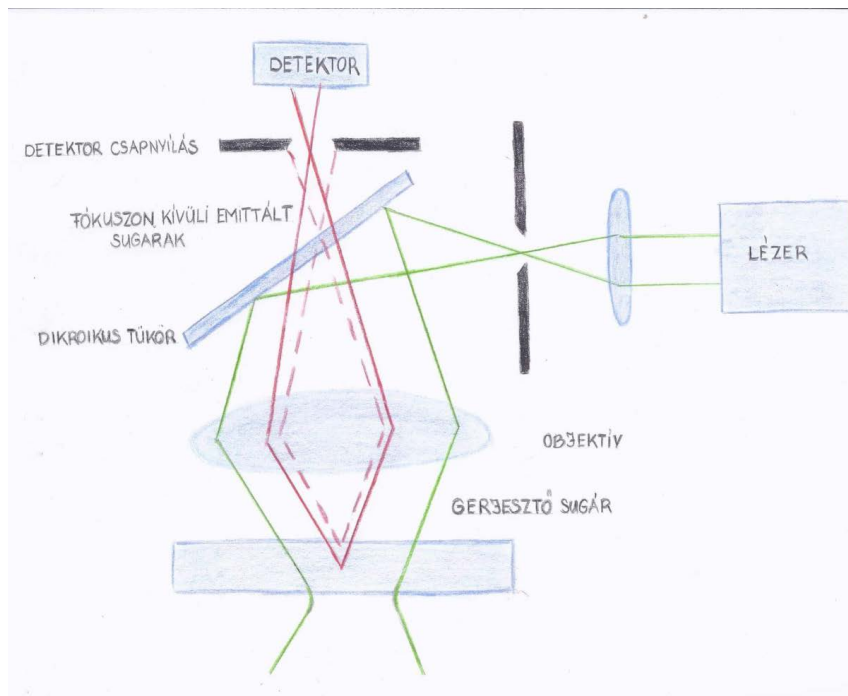
viszont a növekedés mértékének összehasonlítására kevésbé alkalmas, mert a fluoreszcencia növekedése gyorsan telítődik. Látható fény-ingerlékeny festék, 488 nm -es (argon-ion-lézer-források) lézersugárral gerjeszthető. Hatékonyan használható a legtöbb lézer alapú műszernél, azonos fókusz távolságú konfokális mikroszkópnál és áramlás-cytométernél, eredetileg áramláscytometriához és konfokális mikroszkópiához fejlesztették ki, és bizonyították, hogy élő sejtbe bejuttatva jelzi a sejtben bekövetkező  $Ca^{2+}$  szint emelkedéseket (Kao és mtsai 1989). A Fluo festékcsaládnál a  $Ca^{2+}$  kötésre adott választ nagy fluoreszkálás intenzitás-növekedés jellemzi spektrális eltolódás nélkül ([http://www.invitrogen.com/site/us/en/home/Products-and-Services/Applications/Drug-Discovery/Target-and-Lead-Identification-and-Validation/g-protein\\_coupled\\_html/cell-based-second-messenger-assays/Fluo-3-calcium-indicator.html](http://www.invitrogen.com/site/us/en/home/Products-and-Services/Applications/Drug-Discovery/Target-and-Lead-Identification-and-Validation/g-protein_coupled_html/cell-based-second-messenger-assays/Fluo-3-calcium-indicator.html)). Ebben különböznek az ibolyántúli sugárzással gerjesztett indikátoroktól (például fura-2 és indo-1). A legtöbb kémiai fluoreszcens indikátorral szemben a sejt impermeábilis, csak néhány növényi sejt típus vesz fel közvetlenül  $Ca^{2+}$  indikátorokat. Emiatt fejlesztették ki a fluoreszkáló  $Ca^{2+}$  indikátorok észter származékeit (AM) amelyek képesek áthatolni a sejtmembránon. Az AM forma mindaddig inaktív, amíg a sejtben az észterázok le nem bontják a fluoreszcenshez kötött észter részt. Ezután válik a próba aktívvá és egyben membrán inpermeábilissá is. A hidrolizált  $Ca^{2+}$  indikátor végső intracelluláris koncentrációja számos tényezőtől függ: a  $Ca^{2+}$  indikátor jellege, a sejt terhelhetősége, a  $Ca^{2+}$  indikátor koncentrációja, a feltöltött sejtek száma, feltöltési idő, hőmérséklet, betöltési feltételek mind befolyásolják ezt. Miután az AM forma oldékonysága alacsony, Pluronic F-127-t vagy az Oremophor E2-t használnak, hogy megkönnyítsék a betöltés folyamatát a sejtbe. A Pluronic F-127 nonionos oldószer mely segíti feloldani a nagy festékmolekulákat az élettani közegben. Ha hosszú a betöltési idő akkor szükséges hozzáadni 1mg/ml BSA-t (Bovum Serum Albumin) az oldathoz, hogy fenntartható legyen a betöltés alatt az ozmolitás. Az AM betöltése még további problémákat okozhat, például egyenetlen eloszlása és hiányos hidrolízise a sejt kompartmentalizációját eredményezheti (Takahashi és mtsai. 1999).

### *Konfokális mikroszkóp*

A fluoreszcensen jelölt minták vizsgálatát legtöbbször konfokális mikroszkóppal végzik. A kapott digitális kép számítógéppel kezelhető és elemezhető. Több szelet képét összerakva a fluorofór térbeli elhelyezkedése illetve időbeli változása vizsgálható. A konfokális képalkotás lényege, hogy a rendszer csak a fókuszsíkból jövő fényt detektálja. A lézer fényforrás fényét az objektív lencse a minta egy pontjára fókuszálja (ez esetben az objektív játssza a kondenzor szerepét is), majd a mintából eredő fluoreszcens ill. visszavert fényt ugyancsak az objektív gyűjti össze. A minta egy adott síkjából jövő fény az optikai rendszeren való áthaladás után egy adott fókuszpontban összpontosul, majd a detektorba jut. Ha egy kicsiny átmérőjű rést úgy helyezünk el, hogy nyílása éppen erre a fókuszpontra essen, ez nem befolyásolja lényegesen a fókuszsíkból jövő fényt, viszont a fókuszsíkon kívülről jövő fényt szinte teljesen kirekeszti (3. ábra). A képalkotáshoz végig kell pásztázni a vizsgálandó terület minden egyes pontját, amit pásztázó nyaláb alkalmazásával oldanak meg ([http://www.muszeroldal.hu/measurenotes/konfok\\_elm.pdf](http://www.muszeroldal.hu/measurenotes/konfok_elm.pdf)).

A hagyományos mikroszkópokkal szemben a konfokális mikroszkóp előnyei a következők:

- a) jobb felbontású képek készíthetők, mint hagyományos fénymikroszkóppal;
- b) képes kiszűrni a fókuszsíkon kívülről eredő fényt, így a képek kontrasztosabbak és kevésbé elmosódottak;
- c) az „optikai szeleltetés” és a számítógépes adatfeldolgozás segítségével vastag minták 3-dimenziós struktúrái is feltérképezhetőek.



2. ábra A konfokális mikroszkóp részei

Elméletileg egy konfokális mikroszkóp felbontása fluoreszcens minták vizsgálata esetén 0,7-szerese egy hagyományos mikroszkóp felbontásának. Ez az optimális érték megközelíthető, de szennyezett, rosszul beállított optikai elemek, vagy rezgések csökkentik az elérhető felbontást. Konfokális mikroszkóppal ún. optikai szeletelés is végezhető, ha a minta szemitranszparens, mert ekkor a fény áthatolhat a felsőbb rétegeken, és megvilágítja az alsóbbakat. A legtöbb biológiai mintára ez a feltétel szerencsére teljesül, így az „optikai szeletelés” révén lehetővé válik vastag preparátumok nagyon vékony (akár 1  $\mu\text{m}$ -nél vékonyabb) szeleteiben zajló folyamatok lokalizálása. Számos optikai szeletet készítve pedig olyan képsorozatot kapunk, amely a minta 3-dimenziós szerkezetét tükrözi. A hagyományos, mechanikai metszési eljárásokkal szemben ez az eljárás gyorsabban kivitelezhető és a kapott képek tökéletesen illeszkednek. Konfokális mikroszkóp alatt élő minták is tanulmányozhatók néhány száz mikrométer vastagságig ([http:// www.mu-szeroldal.hu/measurenotes/konfok\\_elm.pdf](http://www.mu-szeroldal.hu/measurenotes/konfok_elm.pdf)).

### *GABA hatására kialakuló $Ca^{2+}$ válaszok túlélő agyszeletekben és sejtenyészetekben*

Vizsgálatokhoz többféle preparátum is megfelelő. Hasonló GABA válaszokat lehet kimutatni embrionális őssejtekből (Schwirtlich és mtsai 2010) primer szemlencse tenyészet lencseseljtjeiből (Kwakowsky 2009) és akutt nucleus accumbens szeletekből (Molnár és mtsai 2009). A sejtenyészeteiket a matrigél-fedett fedőlemezekeken készült tenyészetek formájában az akut agyszeleteket vibrotome-mal készített 300 mm vastag, a vizsgálandó területet tartalmazó metszetek formájában készítjük elő (Molnár és mtsai 2009, Schwirtlich és mtsai 2010, 2011). A preparátumokat Fluo-4AM és 1% pluronic savat tartalmazó minden esetben szérum mentes mesterséges extracelluláris oldatban 35°C-on 40 percig inkubáljuk, majd eltávolítjuk a festék tartalmú oldatot és további 20 percet vártunk a deészterifikációra (Molnár és mtsai 2009, Schwirtlich és mtsai 2010, 2011). A festési eljárás paramétereit úgy kell megválasztani, hogy elegendő sejt festődjön meg ahhoz, hogy a mikroszkóp látóterében 15-20 festett sejtet lássunk, de ne tartsuk a tenyészteket vagy szeleteket túl hosszán a fluorescens festéket tartalmazó oldatban, mert az a sejtek károsodásához vezethet. A sejtek válaszadási képességét a kísérletek végeztével a sejtek közelébe juttatott 100 ml 1 M-os KCl oldattal történő aktiválással tudjuk ellenőrizni. A vizsgálati kamrában kialakuló 40 mM-os  $K^+$  koncentráció elegendő a sejtek olyan nagyfokú depolarizálásához, hogy a sejtekbe  $Ca^{2+}$  beáramlás történjen a feszültség függő  $Ca^{2+}$  csatornákon keresztül, illetve hogy a  $Ca^{2+}$  raktárak is aktiválódjanak, és így minden fluorescensen jelölt élő sejt  $Ca^{2+}$  választ mutasson, megadva a mikroszkóp látóterében található jelölt és aktiválható sejtek számát. A GABA receptorokat agonistáik segítségével aktiválhatjuk, az agonistákat legtöbb esetben rövid ideig adjuk csak az inkubáló oldathoz, hogy elkerüljük a receptorok deszenzitizálódását. GABA-t, GABA-A receptor agonista a muscimol (10-50  $\mu$ M), GABA-B receptor agonista pedig a baclofen (1-30  $\mu$ M) és a GHB (1-10 mM). A receptorok blokkolása specifikus antagonistáikkal történhet, ezeket az anyagokat az inkubáló oldathoz adjuk. A GABA-A receptor blokkolásához használhatunk bicucullint (10-30  $\mu$ M) a GABA-B receptorok blokkolásához pedig CGP-35348-at (300-500  $\mu$ M) vagy CGP-55845-öt (3-10  $\mu$ M). A kialakult  $Ca^{2+}$  válaszok függését az intracelluláris  $Ca^{2+}$  raktároktól hozzá-

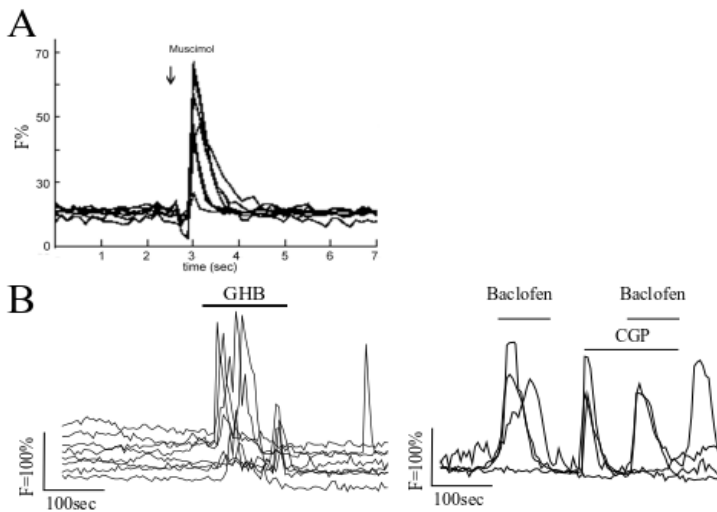


adott  $\text{Ca}^{2+}$ -t nem tartalmazó ( $0 \text{ Ca}^{2+}$ ) inkubáló oldatban illetve a belső raktárakat kiürítő anyag (CPA  $10 \mu\text{M}$ ) jelenlétében vizsgálhatjuk. A kísérletek folyamán a fluoreszcencia változását követjük, a lézernyaláb minden másodpercben végigpásztazza a szeletet és a fluoreszcencia értékét a detektor rögzíti. A kísérletek végén meghatározzuk a KCl érzékeny sejtek számát és a különböző kezelésekre választ adó sejtek mennyiségét ennek százalékában fejezzük ki (Molnár és mtsai 2008, Schwirtlich és mtsai 2011). A preparátumokban extracelluláris  $\text{Ca}^{2+}$  beáramlásából eredő, és belső  $\text{Ca}^{2+}$  raktárártól függő válaszokat is kaphatunk. A GABA-A receptor függő válaszok kisebb és változékonyabb amplitúdójúak. Muscimol hatására ismételt  $\text{Ca}^{2+}$  szint emelkedések  $\text{Ca}^{2+}$  oszcilláció nem alakul ki (3. ábra). Ezek a válaszok nagymértékben csökkennek, ha az extracelluláris oldat nem tartalmaz  $\text{Ca}^{2+}$ -ot, de érzéketlenek a  $\text{Ca}^{2+}$  raktárakat kiürítő CPA-ra, vagyis nagyobbérszt extracelluláris  $\text{Ca}^{2+}$  beáramlása váltja ki őket (Schwirtlich 2010, 2011). GABA-A receptorhoz kapcsolt intracelluláris  $\text{Ca}^{2+}$  növekedés csak azokban a sejtekben alakul ki, ahol a GABA-A receptor aktiválásakor kialakuló  $\text{Cl}^-$  áram depolarizáló. Depolarizáló  $\text{Cl}^-$  áram magas intracelluláris  $\text{Cl}^-$  koncentrációval rendelkező sejtekre jellemző, ilyenek a embrionális őssejtek és a primer szemlencses sejtek, de a legtöbb neuron illetve glia sejt nem (Ben-Ari 2002).

### Összegzés

A GABA rendszer a szervezet sok sejtípusában jelen van és sokrétű funkciót lát el (Ong és Kerr 1990, Varju 2002, Magnaghi és mtsai 2006, Deidda és mtsai 2014). Sokrétű funkcióihoz szükséges, hogy receptorain keresztül különféle sejten belüli jelátviteli utakat aktiválhasson, amelyekhez másodlagos hírvivő molekulák felszabadulása kell. Az egyik központi jelentőségű hírvivő molekula a  $\text{Ca}^{2+}$ , amely számos útvonal aktiválásában szerepet játszik. A citoszolban a  $\text{Ca}^{2+}$  80-90%-a intracelluláris proteinekhez és membránfelszínekhez kötött állapotban található, a maradék képezi a szabad kalciumot. A szabad  $\text{Ca}^{2+}$  mennyiségét illetve mennyiségének megváltozását fluorescens festékek segítségével mérhetjük, amelyek a citoplazmában található  $\text{Ca}^{2+}$  kötő fehérjékhez hasonlóan kötik a  $\text{Ca}^{2+}$ -ot és  $\text{Ca}^{2+}$  kötésekor fluoreszcenciájuk növekszik ().

Ez a növekedés detektálható, és segítségével a sejten belüli  $\text{Ca}^{2+}$  dinamika követhető. Direkt vagy indirekt módon a legtöbb ingerületátvivő anyag hat az intracelluláris  $\text{Ca}^{2+}$  szintre emiatt a rendszer alkalmas a legkülönbözőbb receptorok aktiválódásának kimutatására. A citoszól  $\text{Ca}^{2+}$  koncentrációja növekedhet ligand-aktivált,  $\text{Ca}^{2+}$ -ot áteresztő csatornák nyitásakor, akkor, ha depolarizáció hatására a feszültség-függő  $\text{Ca}^{2+}$  csatornák kinyílnak, illetve ha az intracelluláris  $\text{Ca}^{2+}$  szint növekedés további  $\text{Ca}^{2+}$  felszabadulást (CICR) vált ki a  $\text{Ca}^{2+}$  raktárakból leggyakrabban az ER-ből. Az ER-ből ryanodin vagy  $\text{IP}_3$  receptorokon keresztül következik be  $\text{Ca}^{2+}$  kiáramlás (Szabó, 2009). Sejttenyészetekben és akut szövetekben is vizsgálható a különböző transzmitterek  $\text{Ca}^{2+}$  dinamikára gyakorolt hatása és a megfelelő antagonisták agonisták alkalmazásával az inkább extracelluláris  $\text{Ca}^{2+}$ -ot és az extra- és intracelluláris  $\text{Ca}^{2+}$ -ot is mozgósító receptor altípusok elkülöníthetők. Mivel a mikroszkóp látóterében egyszerre több sejt válasza detektálható, az egyes válaszok kialakulásának időbeli és térbeli dinamikájára is következtethetünk. Ez a módszer előnyös fejlődési stádiumoktól függő, vagy betegségekkel, kezelésekkel kapcsolatos funkciók megjelenésének/elvesztésének vizsgálatára a vizsgált jelenség időbeli alakulása könnyebben követhető így, mint a csak az egyes sejtek viselkedését detektáló technikákkal.



3. ábra GABA agonisták hatására kialakuló  $\text{Ca}^{2+}$  válaszok

A) GABA-A agonista muscimol hatására kialakuló fluoreszcencia változás primer lencsesajt tenésztben.

B) GABA-B agonisták hatására kialakuló fluoreszcencia változások nucleus accumbens asztrocita sejtekben (balra) és egér embrionális őssejtekben (jobbra). Baclofen hatására még a GABA-B receptor blokkoló jelenlétében is mérünk ismétlődő fluoreszcencia változásokat.

A diagrammok a fluoreszcencia értékeket az alap fluoreszcencia %-ban, az időt másodpercben mutatják. Egy-egy görbe egy feltöltött sejtben történő fluoreszcencia változást mutatja.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- ALKON DL, SAKAKIBARA M, NAITO S, HELDMAN E, LEDERHENDLER I (1986): The role of neurochemical modulation in learning. *Neurosci Res.* 3:487-97
- BEN ARI Y (2002): Excitatory actions of gaba during development: the nature of the nurture. *Nat Rev Neurosci.* 3:728-39.
- BONTING SL, DE PONT JJ, VAN AMELVOORT JM, SCHRIJEN JJ (1980): Transport ATPases in anion and proton transport. *Ann NY Acad Sci.* 341:335-56.
- BOWERY NG, PRICE GW, HUDSON AL, HILL DR, WILKIN GP, TURNBULL MJ (1984): GABA receptor multiplicity. Visualization of different receptor types in the mammalian CNS. *Neuropharmacology.* 23:219-31.
- BU DF, ERLANDER MG, HITZ BC, TILLAKARATNE NJ, KAUFMAN DL, WAGNER-McPHERSON CB, EVANS GA, TOBIN AJ (1992): Two human glutamate decarboxylases, 65-kDa GAD and 67-kDa GAD, are each encoded by a single gene. *Proc Natl Acad Sci USA.* 89:2115-9.
- BUDDHALA C, HSU CC, WU JY (2009): A novel mechanism for GABA synthesis and packaging into synaptic vesicles. *Neurochem Int.* 55:9-12.
- CHALIFOUX JR és CARTER AG (2011): GABAB receptor modulation of synaptic function. *Curr Opin Neurobiol* 21:339-344.
- DARVAS, Zs. és LÁSZLÓ, V (2005): *Sejtbológia.* Semmelweis Kiadó, Budapest.
- DEIDDA G, BOZARTH IF, CANCEDDA L. (2014): Modulation of GABAergic transmission in development and neurodevelopmental disorders: investigating physiology and pathology to gain therapeutic perspectives. *Front Cell Neurosci.* 8:119. doi: 10.3389/fn-cel.2014.00119.
- EMRI Zs, ANTAL K, CRUNELLI C (1996): Gamma-hydroxybutyric acid decreases thalamic sensory excitatory postsynaptic potentials by an action on presynaptic GABAB receptors. *Neurosci Lett.* 216:121-4.

- JENSTAD M, CHAUDHRY FH (2013): The Amino Acid Transporters of the Glutamate/GABA-Glutamine Cycle and Their Impact on Insulin and Glucagon Secretion. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 4:199.
- JOHNSTON GA (1996): GABA<sub>A</sub> receptors: relatively simple transmitter-gated ion channels? *Trends Pharmacol Sci*. 1996 17:319-23.
- KAO JP, HAROOTUNIAN AT, TSIEN RY (1989): Photochemically generated cytosolic calcium pulses and their detection by fluo-3. *J Biol Chem*. 264:8179-84.
- KWAKOWSKY A (2009): GABA signaling in developing mouse lens PhD disszertáció ELTE. [http://teo.elte.hu/minosites/ertekezes2009/kwakowsky\\_a.pdf](http://teo.elte.hu/minosites/ertekezes2009/kwakowsky_a.pdf)
- LEINEKUGEL X, KHALILOV I, MCLEAN H, CAILLARD O, GAIARSA JL, BEN-ARI Y, KHAZIPOV R. (1999): GABA is the principal fast-acting excitatory transmitter in the neonatal brain. *Adv Neurol*. 79:189-201.
- MAGNAGHI V, BALLABIO M, CONSOLI A, LAMBERT JJ, ROGLIO I, MELCANGI RC (2006) GABA receptor-mediated effects in the peripheral nervous system: A cross-interaction with neuroactive steroids. *J Mol Neurosci*. 28:89-102.
- MIKOSHIBA K (2007): IP3 receptor/Ca<sup>2+</sup> channel: from discovery to new signaling concepts. *J Neurochem* 102:1426-46.
- MÖHLER H (2006): GABA(A) receptor diversity and pharmacology. *Cell Tissue Res*. 326:505-16.
- MOLNÁR T, ANTAL K, NYITRAI G, EMRI Z (2009): gamma-Hydroxybutyrate (GHB) induces GABA(B) receptor independent intracellular Ca<sup>2+</sup> transients in astrocytes, but has no effect on GHB or GABA(B) receptors of medium spiny neurons in the nucleus accumbens. *Neuroscience*. 2009 162:268-81.
- OLSEN RW és DELOREY TM (1999): GABA receptor physiology and pharmacology. In *Basic Neurochemistry: Molecular, Cellular and Medical Aspects*. 6th edition. Eds: George J. Siegel GJ, Agranoff BW Lippincott Williams & Wilkins Philadelphia
- ONG J. és KERR DI (1990): GABA-receptors in peripheral tissues. *Life Sci* 46:1489-1501.
- ONG J. és KERR DI (2000): Recent advances in GABA(B) receptors: from pharmacology to molecular biology. *Acta Pharmacol Sin*. 2000 21:111-23.
- REIS EM, SLAYMAN CW, VERJOVSKI-ALMEIDA S. (1996): Heterologous expression of sarcoplasmic reticulum Ca(2+)-ATPase. *Biosci Rep*. 16:107-13.
- TAKAHASHI, A., CAMACHO, P., LECHLEITER, J.D. és HERMAN, B. (1999): Measurement of Intracellular Calcium. *Physiol Rev*. 79:1089–1112.
- TÓTH L (2001): A Homológ és heterológ sejt-sejt kommunikáció és következményeinek vizsgálata tumoros mikrokörnyezetet modellező mono- és kokultúrákban. PhD disszertáció Debreceni Egyetem. 2001. [http://ganymedes.lib.unideb.hu:8080/dea/bitstream/2437/2456/1/Toth\\_Laszlo\\_ertekezes.pdf](http://ganymedes.lib.unideb.hu:8080/dea/bitstream/2437/2456/1/Toth_Laszlo_ertekezes.pdf)
- SCHWIRTLICH M (2008): GABA jelátvitel molekuláris alkotóelemei és működése az egyedfejlődés során: két különböző rendszer vizsgálata. PhD dolgozat 2008. ([http://phd.sote.hu/mwp/phd\\_live/vedes/export/marijaschwirtlich.m.pdf](http://phd.sote.hu/mwp/phd_live/vedes/export/marijaschwirtlich.m.pdf))

- SCHWIRTLICH, M., EMRI, Z., ANTAL, K., MÁTÉ, Z., KATAROVA, Z., SZABÓ, G (2010): GABA and GABAB receptors of distinct properties affect oppositely the proliferation of mouse embryonic stem cells through synergistic elevation of intracellular Ca<sup>2+</sup>. *FASEB J* 24:1218-1228
- SCHWIRTLICH M, KWAKOWSKY A, EMRI Z, ANTAL K, LACZA Z, CSELENYÁK A, KATAROVA Z, SZABÓ G (2011): GABAergic signaling in primary lens epithelial and lentoid cells and its involvement in intracellular Ca<sup>2+</sup> modulation. *Cell Calcium*. 50:381-92.
- SCHOUSBOE I., BRO B., és SCHOUSBOE A. (1977): Intramitochondrial localization of the 4 aminobutyrate 2 oxoglutarate transaminase from ox brain. *Biochemical Journal*, 162:303–307.
- SZABÓ, G (2009): *Sejtbológia Medicina Könyvkiadó Zrt. Budapest.*
- VARJU P (2002): Kismolekulájú „klasszikus” neurotranszmitterek a korai idegi elköteleződés során: a glutaminsav és GABA rendszer vizsgálatai a neuronképzés folyamataiban, in vitro. PHD disszertáció. Semmelweis Egyetem. [http://phd.sote.hu/mwp/phd\\_live/vedes/export/varju.d.pdf](http://phd.sote.hu/mwp/phd_live/vedes/export/varju.d.pdf)
- WALSH MP (1991): The Ayerst Award Lecture 1990. Calcium-dependent mechanisms of regulation of smooth muscle contraction. *Biochem Cell Biol*. 69:771-800.
- YANG, E; SCHULMAN, H (1999): Structural examination of autoregulation of multifunctional calcium/calmodulin-dependent protein kinase II. *J Biol Chem* 274:26199–208.



# AZ EPILEPSZIA TÜNETEI, DIAGNÓZISA, KEZELÉSE

DÓBIÁS JUDIT<sup>1</sup> – EMRI ZSUZSA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Gödöllői Petőfi Sándor Általános Iskola, <sup>2</sup> Eszterházy Károly Egyetem, Biológiai Intézet,  
Állattani tanszék. E-mail: emri.zsuzsa@gmail.com

**Abstract:** Epilepsy is one of the most common neurological disorder characterized by the increased ability of the brain to generate epileptic seizures and by the neurobiologic, cognitive, psychological, and social consequences of this condition. An epileptic seizure is due to abnormal excessive or synchronous neuronal activity in the brain. Most commonly diagnosed by EEG that directly detects the electrical activity of the brain. The majority of epileptic seizures are controlled through drug therapy, taking of one or sometimes two types of anticonvulsant drugs, but certain epilepsy types (temporal lobe epilepsy, partial epilepsies) can be treated more successfully by a surgery. Childhood epilepsies are usually benign, but still could cause several neuropsychological problems. The early recognition of the illness, the competent aid during a seizures is lessening the social isolation of these children and helps to minimise the neuropsychological consequences. This article summarises the most important theoretical and practical knowledge to support parents and teachers in forming a practice that helps the integration of these children, and improve their daily life.

## Bevezetés

Az epilepszia egy neurológiai tünet együttes, az egyik leggyakoribb idegrendszert érintő betegség. A lakosság 0,5-3%-a szenved epilepsziában, további 5% -a epilepszia gyanú miatt kerül orvosi kivizsgálásra. (Orbán-Kis és mtsai., 2008). Ma Magyarországon közel 50-60ezer ember küzd ezzel a

betegségcsoporttal (Rajna 2004). A felmérések szerint az epilepsziás betegcsoportok mortalitása, átlagosan kétszer-háromszor nagyobb, mint az életkorban és nemben megfelelő népességé. Egyes epilepszia típusok alig járnak növekvő mortalitással (abszensz epilepszia), míg a tüneti epilepsziákban a háttérben meghúzódó egyéb betegség mortalitást növelő hatása miatt akár 20-szorosa is lehet az a normál populációénak (Szűcs és mtsai, 2006). Minél korábban kerül diagnosztizálásra a betegség, annál jobban javítható a páciens életminősége a ma rendelkezésre álló gyógyszeres illetve műtéti lehetőségekkel (Janszky, 2004).

Testnevelő tanárként többször jelen voltam gyermekeknél epilepsziás rohamnál illetve követhetem epilepszia diagnózissal rendelkező gyerek iskolai életét, találkozhattam problémáikkal. Ebben az összefoglalóban igyekeztünk összegezni a betegségre vonatkozó legfontosabb ismereteket, ismertetjük a rohamok lefolyását és a rohamokkal kapcsolatos legfontosabb teendőket, a rendelkezésre álló diagnosztikai eljárásokat, kezelési lehetőségeket.

Gyakorlati tapasztalataim szerint, ezeknél a gyerekeknél, a rohamok a testnevelés órák alatt, vagy azt követően jelentkeztek. Feltételezhető, hogy a kiváltó okok lehetettek például a fokozott fizikai terhelés, különböző stressz hatások (hang, fény, a gyerekek impulzív megnyilvánulásai), valamint az érintett gyerekek mentális fáradtsága. Ezeknek a gyerekeknek az oktatása, fejlesztése nagy körültekintést, odafigyelést igényel, melynek fontos része a gyermek általános állapotának felmérése az adott óra előtt, és a tananyag tudatos megválasztása. Sok esetben nehezebben sajátítanak el mozgásformákat, vagy maga a tanulás folyamata lassabban megy végbe. A mozgásfejlődés visszamaradása összefügghet az epilepsziás tünet együttesével is (Verotti és mtsai 2015), de a lemaradás kialakulhat túlzott szülői féltés vagy félelem miatt is, ha ezek a gyerekek kevésbé mernek részt venni sport programokban, kevésbé merik kipróbálni még a játszótéri játékokat is.

### Történelmi áttekintés

Az epilepsziáról szóló irodalom csaknem 2500 éves történelmi múltra tekint vissza. Hippocrates és a görög orvostudomány már foglalkozott az agy és a görcsök közötti okozati összefüggésekkel. Az epilepsziás embereket kiválasz-



tottnak, megszállottnak tartották, és a világ, különböző részein és különböző kultúrákban egyaránt található az epilepsziával kapcsolatos téves elképzelés, teória. A XVIII.- XIX. században még mindig fertőző betegségnek gondolták és, hogy az epilepsziás emberek hajlamosak az erőszakra, vallásos extázisra, melyeket a szorongások és hallucinációk okoztak. (Halász és Békés 2010)

A történelemben voltak kiemelkedő eredményt elérő epilepsziás emberek, pl.: Julius Caesar, van Gogh és Dosztojevszkij. (Halász és Békés 2010)

### **Az epilepszia általános leírása**

Az epilepszia hátterében az agy neurokémiai, kórélettani és anatómiai elváltozásai állnak. Tüneteit és okait tekintve nem kezelhető egységes betegségként, ezért helyénvaló, hogy betegségecsoportonként tekintsünk rá (Halász 1997). A különböző epilepsziás tünet együttesek közös jellemzője az epileptiform aktivitást mutató elektroencefalogram (EEG), valamint a visszatérő, többé-kevésbé azonos formában zajló, hirtelen kezdődő és múló rohamok (Molnár 2010). A rohamok hátterében nagyszámú idegsejt kórosan túlfokozott és időlegesen szinkronizált aktivációja áll, mely az agy rendellenességéből (metabolikus, neurokémiai, anatómiai, fizikai) adódik (Fisher és mtsai 2005). Egyetlen roham nem feltétlenül jelent epilepsziát, hiszen más is kiválthat hasonló aktivitást, például fertőzés, láz, alkoholizmus, alkohol, drog-elvonás, mivel az emberi agynak törzsfajlás során kialakult tulajdonsága, hogy bizonyos behatásokra epilepsziás rohammal reagál. Mindannyian rendelkezünk epilepsziás görckészséggel, és ehhez tartozó görcküszöbvel. Ez a görcküszöb nem állandó az életkorral, fizikai állapottal is változik. Amennyiben a görcküszöb csökken, görckészség fokozódik, kialakulhatnak a spontán epilepsziás rohamok (Molnár 2010).

Epilepszia betegségről (köznapi nyelvben epilepsziáról) akkor beszélünk, ha a betegnek két vagy több alkalommal, provokáló hatások nélkül jelentkezett epilepsziás rohama. Az epilepszia szindróma speciális klinikai tünetek és kórjelek együttes megjelenésével jellemezhető állapot. Az epilepsziás rohamok csoportosítását a Nemzetközi Epilepszia Ellenes Liga 1981-ben fogalmazta meg és 1989-ben módosította, és jelenleg ezt a felosztást használják a klinikai gyakorlatban (Commission on classification and terminology of the International League Against Epilepsy 1989).

Az epilepsziás rohamokat megkülönböztethetjük az alapján, hogy az agy egészére (generalizált), vagy annak csak egy részére (parciális vagy fokális) terjed ki. A fokális rohamnál az epileptikus működés csak az egyik agyféltekében jelenik meg, és konkrét, kisebb agyterületek működnek epileptikus fókusz(ok)ként. Ez nem feltétlenül jelenti azt, hogy az epileptogén régió kisméretű, jól körvonalazható neuropatológiai fókusz lenne, például a temporális lebeny epilepsziák esetében a rohamok a hippocampus, parahippocampalis gyrus illetve az amigdala területéről indulhatnak ki (Engel 2001). A másik típus a generalizált, diffúz eredetű epilepszia, amikor az epileptikus működés szimmetrikusan mindkét félteke területeire kiterjed, mint például az absence epilepsziában. Ebben az esetben is találhatunk fókuszt, amelyből kiindulva az epileptikus működés gyorsan átterjed más agyterületekre. Az epilepszia általában komplex, több okra visszavezethető betegség emiatt a fokális illetve generalizált rohamok elkülönítése nem mindig egyértelmű, de klinikailag mindenképp hasznos megkülönböztetés, mivel általánosan igaz, hogy a fokális epilepsziák kezelhetőek műteti eljárásokkal, és általában más gyógyszeres kezelésre reagálnak jól, mint a generalizált epilepsziák (Davidson és Derry 2015). Az epilepsziák csoportosítása és a mindennapi teendők szempontjából is kiemelkedő jelentőségű szempont, hogy a roham jár-e öntudatvesztéssel: a generalizált rohamok mindegyik típusa öntudatvesztéssel jár, míg a parciális rohamok közül a komplex parciális rohamok (Blumenfeld és Meador 2014). Az öntudatvesztéssel járó rohamok általában kiterjedt kortikális hálózatokat és a szubkortikális aktiváló rendszert érintik (Blumenfeld és Meador 2014).

#### *Epilepsziás rohamok típusai:*

- Absence roham: Régebben peptid mal rohamnak is nevezték. Ez a roham csak pár másodpercig tart és eltévedésből, bambulásból, a végzett mozdulat megrekedéséből és pillanatnyi távollétből, vagyis a környezettel való kapcsolat megszakadásából áll. Ez nem minden esetben jár tudatvesztéssel, inkább csak beszűkül a kapcsolat a környezettel. Ma már jól kezelhető, jóindulatú örökletes epilepszia típus, az idiopátiás generalizált epilepszia tünete.

- Nagy roham. Az epilepsiának leginkább ismert formája az ún. nagy roham grand mal. Az epilepsiás izgalom ilyenkor az egész agyat igénybe veszi. Tónusos és klónusos szakaszok jellemzik. Egész szervezetet igénybe veszi, kimerülést okoz.
- Komplex parciális vagy pszichomotoros roham: Rövid roszszullétek, az esetek többségében fél percen belül lezajlik. Ez a roszszullét leggyakrabban halántéklebenyi epilepszia tünete. Alvásban jelentkező hipermotoros roham: Rövid rohamok, egy éjszaka leforgása alatt ismételtelen jelentkeznek, többségében homlok lebenyi eredetűek.
- Elemi motoros és szenzoros rohamok: Többnyire egy végtag vagy izomcsoport klónusos rángásából állnak, tudatzavarral egyáltalán nem járnak.
- „Aura” jelenség: Az aura görög szó és fuvallatot jelent. Aurának nevezik az epilepszia roham első olyan, a rohamok során visszatérő, és így a beteg számára ismertté és jelzésértékűvé váló jelenséget, melyet megérez, mielőtt görcsös, tudatvesztés következne be.
- Status epilepticus: Olyan egybefüggő, tartós rohamállapot, amikor a rohamok szünet nélkül következnek be. Súlyos testi és szellemi működészavart okoz. Anyag rohamból kiinduló status epilepticus a legveszélyesebb forma. Ilyenkor teljes öntudatlanság, kóma alakulhat ki. (Halász és Békés 2011)

Az egyes epilepszia típusok megjelenése függ az életkortól. Az életkorral az epilepszia kialakulásának gyakorisága csökken, és különböző típusú epilepsiák jellemzőek csecsemő, gyerek illetve felnőtt korban. Gyermekkorban (2-12 éves kor) szerencsére az epilepsiák nagy része belignus (jó indulatú, enyhe lefolyású) felnőtt korra 75-80%-ban eltűnik, 5%-ban a gyógyszerek továbbcsedése mellett a beteg rohammentes marad (Csecsemő és gyermekgyógyászati szakmai kollégium, 2002), de sajnos a súlyos másodlagosan generalizálódó felnőttkori epilepsiák nagy része is gyermekkorban kezdődik (Camfield és Camfield, 2002). Enyhe lefutású, könnyen felismerhető a leggyakoribb gyermekkori epilepszia típus az idiopátiás fokális epilepszia (rolandic epilepszia), az abszensz epilepsiák, a Landau-Kleffner szindróma és az alvás alatti folyamatos túske-hullámok. Kevésbé karakterisztikus a Len-

nox-Gastaut szindróma, míg az occipitális epilepsziát (Panayiotopoulos syndrome), illetve a súlyos mioklonusos epilepsziát kifejezetten nehéz diagnosztizálni (Camfield és Camfield, 2002).

## Epilepszia diagnóza

Epilepszia betegségről akkor beszélhetünk, ha az alábbi állítások bármelyike leírja a beteg állapotát:

- A páciensnek legalább 2 spontán rohama volt (roham előidézésében különböző provokáló faktorok nem játszottak szerepet) 24 óránál hosszabb szünettel.
- A páciensnek volt egy spontán rohama és hasonló roham kialakulására 10 éven belül 60%-nál nagyobb valószínűséggel számíthatunk.
- Epilepszia diagnóza megtörtént.

A diagnózis visszavonása akkor történik meg ha életkor-függő epilepszia esetén az epilepsziára jellemző életkort már meghaladta, ha 10 évig rohammentes maradt, és ehhez az utolsó 5 évben már antiepileptikumokra sem volt szüksége. (<http://www.ilae.org/Visitors/Centre/Definition-2014-Perspective.cfm>)

### *Epilepszia diagnózis felállításának folyamata*

A diagnózis felállításának első lépése, hogy el kell dönteni, hogy alkalmi rohamról van - e szó. Amennyiben nem, hanem epilepsziáról beszélünk, be kell sorolni a megfelelő betegség csoportba a a háttérben álló okok meghatározásával (Csecsemő-és Gyermekgyógyászati Szakmai Kollégium 2002)

Anamnézis: heteroanamnézis felvétele a szülőktől, a roham szemtanútól. Auratünetek, tudatszint felderítése a roham alatt. Fontos a rohamtünetek részletes elemzése.

Fizikai vizsgálat: belgyógyászati és ideggyógyászati vizsgálat egyéb betegségek kizárására illetve az agykárosodás egyéb jeleinek felismerésére.

Klinikai pszichológiai vizsgálat: a személyiségjellemzőket, a hangulati állapotot, a szorongás mértékét, az agresszió kezelés módját, a kapcsolódási nehézségeket, az önértékelés szintjét vizsgálják.

Neuropszichológiai vizsgálat: ez egy viszonylag új területe a pszichológiá-

nak. A központi idegrendszer és a különböző mentális funkciók pl.: memória, beszéd, észlelés, figyelem kapcsolatával foglalkozik.

### Kötelező diagnosztikai vizsgálatok:

#### *Laboratóriumi vizsgálatok*

Képalkotó vizsgálatok: A vizsgálatok célja az epileptogén károsodás (góc) kimutatása. EEG, MR, PET (Csecsemő-és Gyermekgyógyászati Szakmai Kollégium 2002)

#### *EEG- vizsgálat jelentősége:*

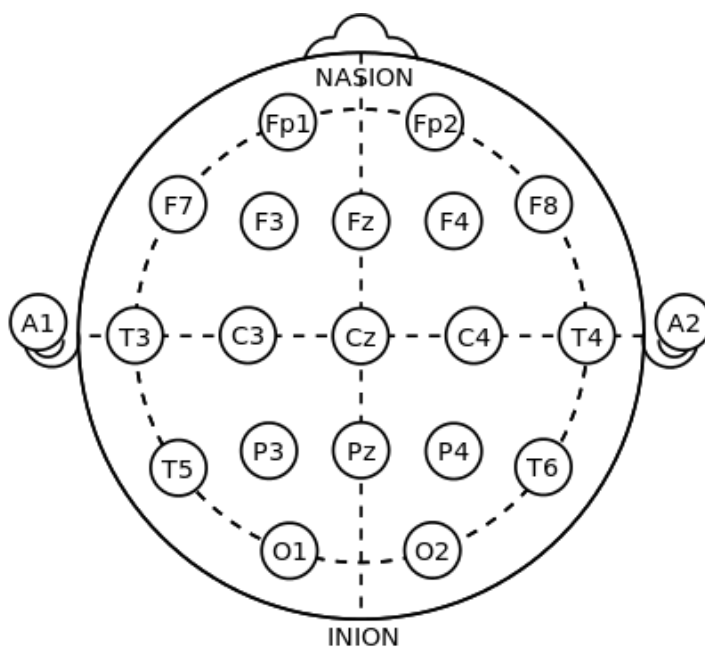
Az epilepszia diagnózis fő eszköze az EEG, kiváló időbeli felbontással rendelkezik, és az epilepsziás rohamok háttérében álló funkcionális zavarról sokkal több információt szolgáltat, mint a képalkotó eljárások. Már az 1800-as években megfigyelték, hogy az agyvelőre helyezett elektródáról áramingadozás vezethető el. Hans Berger pszichiáter végzett először olyan vizsgálatot 1929-ben, ahol fejbőrön elvezetett elektromos változásokat regisztrált. (Tóth, Weiss 2004).



1. ábra Rutin EEG elvezetés készítése.

Az agyi elektromos tevékenységet a fejbőrre rögzített elektródákkal vezetik el és a jelek megfelelő erősítése után számítógépen rögzítik.

Az EEG az agykéreg elektromos tevékenységét rögzíti megfelelő erősítéssel (1. ábra). A háttértevékenység frekvenciáit négy frekvenciatartományban vizsgálják, alfa (8.5-12.0Hz), béta (12.5-30.Hz), theta (4.5-8.0Hz), delta (0.5-4.0Hz). Az EEG frekvencia összetételét több tényező is befolyásolja, ilyen a genom, életkor, tudat állapot, bizonyos gyógyszerek, és a központi idegrendszer betegségei (Puskás 2011). Az EEG elektródokat általában a 10-20-as szabvány szerint helyezik fel (2. ábra), és az EEG-görbék hagyományos értékelésénél epileptogén aktivitásra utaló jeleket: interiktális epileptiform potenciálokat-tüskéket, tüske hullám mintázatot, meredek hullámokat keresnek a regisztrátumban. A digitalizált EEG jeleken történő automatizált elemzések (tüske-detektálás, amplitúdó-frekvencia eloszlások feltárása, dipollocalizáció, neurometria stb) a mindennapi gyakorlatot kiegészíthetik, de főleg kutatásokban használják (Janszky 2004).



2. ábra 10-20-as szabvány elektród elvezetések (<http://www.nrsign.com/eeg-10-20-system>)

Az elektródákat a fejbőr felszínén 10-20-as elrendezésbe helyezik fel a nyakszirt és a homlok között, valamint keresztirányban is 10-20-20-20-10%-os távolságonként. Ezt a módszert Jasper javasolta elsőként 1958-ban. Ahhoz, hogy a jelek megfelelő módon regisztrálódjanak Ag-AgCl elektródot használnak, mivel ezeknek jó tulajdonsága, hogy nem polarizálódnak. A jobb vezetés érdekében gélt kennek az elektródok alá (Tóth, Weiss 2004).

A rutin EEG elvezetés alatt, amely magába foglalja a hiperventilációval és intermittáló fényingerrel történő stimulálást is, 30–50%-ban mutat interiktális epileptiform kisüléseket (tüskéket, tüske-hullám mintázatot, meredek hullámokat) izolált epilepsziás roham esetén. A betegek további 25%-nál egyéb EEG-abnormalitásokat találhatunk. Ezek egy része ugyan nem specifikus az epilepsziára (pl generalizált lassú hullámok, folyamatos fokális lassú tevékenység) de utalhatnak lezajlott rohamra. A rohamot követő 24h-ban nagyobb eséllyel lehet kóros EEG aktivitást regisztrálni (Janszky 2004). Ha az EEG-lelet nem utal epileptikus elváltozásra, epileptiform aktivitás kimutatásának esélyét növeli az alvásmegvonást követő alvási EEG-vizsgálat, illetve 24 órás EEG-t elvezetés készítése. Az EEG leletek kiértékelésénél mindig figyelembe kell venni, hogy a negatív EEG lelet nem zárja ki, a pozitív EEG lelet pedig nem igazolja az epilepsziát (Janszky 2004). A rutin-EEG-vizsgálat elsősorban az interiktális epileptiform potenciálok kimutatását célozza, a video EEG-monitorozás pedig az elektromos iktális tevékenység igazolására és lokalizálására szolgál (Janszky 2004). Erre epilepszia sebészeti kivizsgálása illetve a rohamok pszichogén jellegének eldöntése miatt lehet szükség. A regisztrált klinikai roham elemzésével lebeny szinten lehet lokalizálni az epilepsziáért felelős agyi területet (Janszky 2004). Mobil, hosszú távú EEG-vizsgálat 24 órás, vagy hosszabb EEG regisztrálást tesz lehetővé, szabadon mozgó körülmények között. A fejre felragasztott elektródák által közvetített agyi elektromos tevékenységet itt egy, a testre rögzített kis táskában hordható felvevőkészülék rögzíti a memória kártyán. A hosszabb felvétel miatt nagyobb eséllyel regisztrálhatjuk magát a rohamot is nemcsak a rohamok közötti EEG tevékenységet (Janszky 2004).

### *MR- vizsgálat:*

Az MRI vagy MR (mágneses rezonancia) vizsgálat az epilepszia hátterében álló agyi strukturális elváltozásról ad információt. Ezekon a felvételeken a 2 mm-nél nagyobb elváltozások felismerhetőek. Az epilepsziás betegek általános kivizsgálásához rendszerint a “rutin” MRI is elegendő, az epilepszia-sebészeti kivizsgáláshoz csak speciális, nagyfelbontású, az epilepsziás gócba “fókuszált” MRI vizsgálat felel meg. Az MR-sprektoszkopia az epileptogén fókuszt metabolikus elváltozásait mutatja ki, megnövekedett glükóz felhasználás illetve véráramlás kimutatásával (Panayiotopoulos 2005). A SPECT (Szimpla, single foton emissziós computerizált tomográfia) az agyi véráramlást térképezi fel a roham alatt és közvetlen utána, radioaktív anyag bejuttatással. A vizsgálatot egyidejű EEG vizsgálatokkal kell végezni, mert csak így biztosított a roham pontos időzítése, ami az átáramlási viszonyok értékelésében döntő jelentőségű. (Halász és Békés 2011). A PET (Pozitron emissziós tomográfia) vizsgálat során a véráramba jutott radioaktív glükóz felhasználást követjük. Jelentősége a jobb teljesítményű MRI készülékek megjelenésével csökkent (Panayiotopoulos 2005).

### **Az epilepszia kezelése:**

Az epilepsziás betegek kezelése mindig gyógyszeres kezeléssel kezdődik, és a megfelelő antiepileptikumokkal a betegek majdnem 70%-nál tartós rohammentesség elérhető. Ezek a gyógyszerek tüneti kezelést biztosítanak, nem gyógyítják meg a beteget. Ha lehet monoterápiát alkalmaznak a mellékhatások minimalizálása érdekében. Szükség esetén gyógyszer-kombinációkat kell alkalmazni, lehetőleg biterápiát, amely során eltérő hatásmechanizmusú szereket kombinálunk. A gyógyszeres kezelés alatt figyelni kell a mellékhatások minél korábbi felismerésére, és időnként ellenőrizni kell a vérképet (Szupera 2004).

Az antiepileptikumok a rohamokra jellemző krónikus izgalmi állapot kialakulását akadályozzák meg vagy azzal, hogy csökkentik az aberráns sejtek ingerelhetőségét vagy fokozzák a gátló hatásokat. Eltérő hatásmechanizmusú gyógyszerekkel érhetjük el az antikonvulzív hatást (1. táblázat), legtöbbször valamilyen ioncsatorna (vagy csatornák) forgalmának közvetlen vagy közvetett befolyásolásával. Általában,  $\text{Na}^+$   $\text{Ca}^{2+}$  áramok nagyságát illetve a GABAA receptor  $\text{Cl}^-$  áramát befolyásolják az egyes készítmények (Szupera 2004).



| <b>Gyógyszerek hatásmechanizmusa</b>   |
|--|
| A krónikus izgalmi állapotokat befolyásolják   |
| Aberráns sejtek izgalmi állapota csökken – gátolja a roham kialakulását  |
| Izgalmi és gátló folyamatok eltolódása   |
| Idegsejtek fokozott szinkronizációja   |
| Molekuláris szinten jelátvivők: strukturális fehérjék, enzimek   |
| Módosulnak a neurotranszmitterek: <ul style="list-style-type: none"> <li>• csökken az excitáció</li> <li>• erősödik a gátlás</li> <li>• blokkolódik a kóros ingerületvezetés</li> <li>• csökken a hiperszinkronizáció</li> </ul> |

*1. táblázat Antiepileptikumok által leggyakoribb hatásmechanizmusa. Ezeknek a mechanizmusok játszanak szerepet a kóros izgalmi állapot visszaszorításában (Szupera 2004).*

A gyógyszerek alkalmazásakor az antiepileptikumok hatásmechanizmusát illetve az úgynevezett terápiás markereket veszik figyelembe. Bizonyos antiepileptikumok adott betegség típus kezelésére kiválóak (Halász 1995). Az idiopátiás generalizált epilepsziák, az idiopátiás parciális epilepsziák egy része, a West-szindróma, a Lennox–Gastaut-szindróma, a Landau–Kleffner-szindróma, a különböző etiológiájú mioklonusok, a sclerosis tuberosa és egyéb, pontosan nem meghatározható parciális epilepsziáknál az adott betegségénél szokásosan használt antiepileptikummal végzett kezeléssel jó eredményt érhetünk el. Vannak jó prognózisú epilepszia-szindrómák, szerencsére számos gyerekeknél gyakori típus tartozik ide (például benignus neonatális epilepsziák, benignus myoclonus epilepsziák, benignus parciális epilepsziák). Ezekben az epilepsziákban kezelés nélkül se várható sok roham, és serdülő vagy fiatal felnőtt korra a beteg nagy valószínűséggel meggyógyul. Emiatt az antiepileptikumok adása nem feltétlenül szükséges illetve a gyógyszer bevezetése prolongálható. Az epilepsziák másik csoportjánál (például idiopátiás West-szindróma, gyermekkori abszensz epilepszia, egyes tüneti-kriptogén parciális epilepsziák) teljes rohammentesség érhető el, és antiepileptikum egy idő után elhagyható lesz. Sajnos sok esetben (például juvenilis myoclonus epilepszia, egyes tüneti-kriptogén parciális epilepsziák) gyógyszerekkel a rohammentesség ugyan biztosítható, de az antiepileptikumot egész életen

át szedni kell. Az epilepsziák közel 20%-a rossz prognózisú, ezekben az esetekben rohammentesség gyógyszeres kezeléssel nem érhető el (terápia rezisztens epilepsziászindrómák (Szupera 2004). Korai felismerésük fontos, mert az első rohamot rövid időn belül követő műtét esélyt adhat a gyógyulásra. Mára a műtét elsődleges terápiává vált egyes epilepszia típusok kezelésénél. A képpalkotó eljárások fejlődése és a subduralisan krónikusan beültetett elektródák technikájának gyakorlata segít behatárolni a rohamindító területeket, és ezzel a növeli a műtétek sikerességét. A műtétek előnye az antiepileptikumokkal szemben, hogy a beteg gyógyulását is eredményezhetik (Halász és mtsai 2004). Míg gyógyszeres kezelésnél még a jól kontrollált betegek esetében is kissé emelkedett marad a mortalitás, a sikeres, rohammentességet eredményező epilepsziaműtetre került betegcsoportokban a mortalitás az átlagnépesség mortalitásáig csökken (Szűcs és mtsai 2006). Hazánkban a legnagyobb lemaradás a műtétek számában van, pedig a temporális lebeny eredetű epilepsziáknál a műtéti megoldás sokkal hatékonyabb, mint a gyógyszeres kezelések (Halász és Fogarasi, 2006). Műtéttel gyógyítható epilepsziáknál (temporális lebeny epilepszia, fokális epilepszia körülírt lézióval) a műtét utáni roham mentesség jelentős életminőség javulással párosul fiatal korban, ha még nincs mentális retardáció, pszichopatológiai rendellenesség és még nem telt el túl hosszú idő az első roham óta (Janszky és Szűcs 2002).

#### *Legfontosabb teendők epilepsziás roham esetén*

Mivel sokféle epilepsziás roham létezik, és az elsősegély nyújtás illetve a legfontosabb teendők függenek a roham típusától, iskolai és egyéb közösségekben fontos, hogy tisztában legyünk az esetlegesen kialakuló roham jellemzőivel. A legveszélyesebbek és legijesztőbbek a nagy rohamok (tónusos-klónusos rohamok) szerencsére viszonylag ritkák, de a sorozatban jelentkező rohamok következtében kialakuló status epilepticus életveszélyes állapot, sürgős orvosi ellátást igényel. A gyerekeknél viszonylag gyakoriak az abszensz rohamok és komplex parciális rohamok, ezek általában nem vezetnek életveszélyes állapot kialakulásához (Halász, 1997).

*Nagy roham (grand mal, tónusos-klónusos roham)*

Az epilepsziás rohamok legismertebb formája, az epilepsziás izgalom mindkét agyféltekére kiterjed, és a beteg a roham alatt elveszti az eszméletét. A tónusos szakaszban izomzata megfeszül, gyakran elesik üvöltés szerű hangot adhat ki. A klónusos szakaszban pedig az egész testre kiterjedő, ellazulásokkal váltakozó rángások alakulnak ki. Ebben a fázisban gyakori a bevezelés, nyelvharapás. A roham néhány perctől 5-10 percig is eltarthat, és a rohamot követően a beteg zavart, fáradt, kimerült, álmos, lassan beszél. A rohamot fejfájás illetve akár izomláz is követhet, és az is előfordulhat, hogy a beteg a kimerültség miatt elalszik (Halász, 1997).

Fontos teendők:

- Védjük meg a beteget a sérülésektől, fektessük oldalára, mihelyt a roham csillapodik.
- Maradjunk a beteg mellett és próbáljuk megnyugtatni. Ha elaludt ne keltsük fel, de figyeljünk az életfunkciókra.
- Ne próbáljuk megszüntetni a rohamot. Ha már elkezdődött, minden külső beavatkozás sérüléseket okozhat.
- Ne tegyünk semmit a beteg szájába, ne itassuk meg
- Hívjunk mentőt, ha a beteg 5 perc múlva sem tér magához, ha az elsőt egy második roham követi rövid időn belül, ha a beteg sérülést szenved, a roham után akadozva lélegzik, illetve ha egyébként cukorbeteg.
- Ha a roham közben a beteg nem esik a földre, csak rövid időre „kihagy”, beszéljünk hozzá lassan, nyugodtan, próbáljuk azokat a mondatokat megismételni, amiket azután hallhatott volna, hogy kihagyott. Ha szükséges óvatosan vezessük biztonságos helyre.
- Figyeljük meg a roham jellemzőit (hosszúság, a mozgászavar típusa, a fej- és szemmozgás jellegzetességei) mert ezzel segíthetjük az orvost a rohamok tipizálásában. <http://www.egeszsegkalauz.hu/epilepszia/epilepsziás-roham-soran-hogyan-segithetunk-a-betegnek>

### *Abszensz roham*

Sok esetben olyan gyorsan zajlik, hogy a külső szemlélő nem is veszi észre, koncentráció zavarra, álmodozásra, tanulási problémákra gyanakodnak. Az abszensz tünetei a néhány másodpercig tartó tudatzavar, melynek során szemhéjrángás (görcsös pislogás) és esetleg más izmok rángása (mioklonus) jelentkeznek. Rendszerint a figyelem ellazulásával, monoton helyzetekben álmosság hatására jelentkeznek. A rohamok gyakran jelentkeznek halmazokban egy nap akár 20-50 alkalommal.

A teendők elsősorban a roham következtében kiesett információk pótlása ([http://www.halaszpeter.hu/090\\_beteg-tajekoztato](http://www.halaszpeter.hu/090_beteg-tajekoztato)).

### *Komplex parciális roham*

Ezt a rohamtípust jellegzetes, ismétlődő mozgások kísérik. Leginkább megerekedés, majd az egyik kar megfeszülése, a másik ismétlődő mozgásai (ruhásimogatás, ütögetés stb.) jellemzik közben csámcsogás, rágás, csücsörítés, cuppogás is jelentkezhet.

Fontos teendők:

- Balesetek elkerülése: a mozgásos tevékenységek könnyen okozhatnak sérülést.
- Maradjunk a beteg mellett.
- Ne avatkozzunk be a roham közben, várjuk meg míg az magától lezajlik.
- A roham alatt beszélhetünk a beteghez, sokszor részlegesen megérti amit mondunk, és így irányítható is.
- Igyekezzünk megóvni attól, hogy méltatlan helyzetekbe kerüljön (vetkőzés), próbáljuk a bábéskodókat elküldeni ([http://www.halaszpeter.hu/090\\_betegtajekoztato\\_02.html](http://www.halaszpeter.hu/090_betegtajekoztato_02.html)).

## **Összegzés**

Az epilepszia megnövekedett mortalitással járó, sokféle formában jelentkező neurológiai tünetegyüttes, amely 50-60 000 embert érint Magyarországon. A betegség csecsemő és gyerekkorban jelentkezik leggyakrabban, és a korai

diagnosztizálása nagyban megnöveli a beteg esélyét a megfelelő terápia kialakítására és a jó életkilátásokra (Janszki, 2004). A diagnózis legfőbb eszköze az EEG (Puskás 2010) amelyet képkalkotó technikákkal egészíthetnek ki a morfológiai elváltozások feltárása érdekében (Halász és Fogarasi, 2006). A kezelés leggyakrabban antiepileptikumok szedését jelenti, de egyes típusoknál a műtéti beavatkozás jelenti a jobb megoldást (Halász és mtsai, 2004). A gyermekkori epilepsziák nagy része viszonylag jól kezelhető (belignus) epilepszia, de míg az ilyen enyhe formák jelentkezésénél is számíthatunk kognitív zavarokra és/vagy szociális nehézségekre (Camfiel és Camfield, 2002). A neuropszichológiai hatások mérséklésében fontos szerepe van a családnak, és az iskolának is. A megfelelő hozzáállás kialakításához elengedhetetlen, hogy alapvető ismeretekkel rendelkezzenek a betegségről, annak típusairól. ismerjék a teendőket az esetlegesen kialakuló rohamoknál. Az alapvető ismeretek erről a tünet együttesről abban is segítséget nyújtanak, hogy a szülők/nevelők a családi/iskolai programokat az epilepsziás gyerekek igényeit figyelembe véve alakíthassák ki csökkentve ezzel ezeknek a gyerekeknek az elszigetelődését illetve, hogy felismerjék, ha speciális fejlesztő programokra van szükség a neuropszichológiai hatások mérsékléséhez.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- BLUMENFELD H, MEADOR KJ (2014): Consciousness as a useful concept in epilepsy classification. *Epilepsia*. 55:1145-50.
- CAMFIELD P, CAMFIELD C (2002): Epileptic syndromes in childhood: clinical features, outcomes, and treatment. *Epilepsia*. 43 suppl 3:27-32.
- Commission on classification and terminology of the international league against epilepsy (1989): Proposal for revised classification of epilepsies and epileptic syndromes. *Epilepsia*. 30:389-99.
- Csecsemő-és gyermekgyógyászati szakmai kollégium (2002): A gyermekkori epilepszia. *Gyermekgyógyászat* 53:3 különszám. [http://www.gyermekorvostarsasag.hu/upload/gyermek-orvostarsasag/document/gyermekgyogyaszat\\_2002\\_jun\\_23\\_gyermekkori\\_epilepszia.pdf](http://www.gyermekorvostarsasag.hu/upload/gyermek-orvostarsasag/document/gyermekgyogyaszat_2002_jun_23_gyermekkori_epilepszia.pdf)
- DAVIDSON L DERRY C (2015): Seizure classification key to epilepsy management. *Practitioner*. 259:13-9.
- ENGEL J (2001): A PROPOSED DIAGNOSTIC SCHEME FOR PEOPLE WITH EPILEPTIC SEIZURES AND WITH EPILEPSY: REPORT OF THE ILAE TASK FORCE ON CLASSIFICATION AND TERMINOLOGY. *EPILEPSIA* 42:796–803.

- FISHER RS, VAN EMDE BOAS W, BLUME W, ELGER C, GENTON P, LEE P, ENGEL J JR (2005) Epileptic seizures and epilepsy: definitions proposed by the International League Against Epilepsy (ILAE) and the International Bureau for Epilepsy (IBE). *Epilepsia*. 46:470-2.
- HALÁSZ P (1995): Az epilepszia korszerű gyógyszeres kezelése. *LAM* 5:104-16.
- HALÁSZ P (1997): Epilepsziás tünetegyüttesek. Springer Hungarica kiadó kft, Budapest.
- HALÁSZ P és FOGARASI A (2006): Temporális lebeny epilepszia. *Ideggy Szle* 59:331–352.
- HALÁSZ P és BÉKÉS J (2010): Mit kell tudni az epilepsiáról? Garbo kiadó, Budapest.
- HALÁSZ P és BÉKÉS J (2011): Az epilepszia kezelhető. Garbo kiadó Budapest.
- HALÁSZ P, VAJDA J, CZIRJÁK S (2004): Az epilepszia műtéti kezelése. *Ideggy Szle* 57:189–205.
- JANSZKY J (2004): Az epilepszia diagnózisa. *Ideggy Szle* 57:157–163.
- JANSZKY J és SZŰCS A (2002): Az epilepsziás rohamok diagnózisa és kezelése. *Hippocrates* 4:104-109.
- MOLNÁR P (2010): Szinaptikus átrendeződés, mint az epilepszia kialakulásának mechanizmusa - elektrofiziológiai és fotostimulációs mérések patkány epilepszia modellben, phd disszertáció, pécs, <http://www.elettanmsc.pminfonet.com/313%20phd%20molnar.pdf>
- ORBÁN-KIS, K., METZ E és SZILÁGYI T (2008): Állatmodellek jelentősége az epilepszia kutatásában. *Orvostudományi értesítő* 81:88-91
- PANAYIOTOPOULOS CP (2005): The epilepsies: seizures, syndromes and management. Bladon Medical Publishing, Oxfordshire UK.
- PUSKÁS SZ (2011): Kvantitatív EEG vizsgálatok epilepsziás betegeken. Egyetemi doktori (PhD) értekezés Debrecen. <https://dea.lib.unideb.hu/dea/handle/2437/103752>
- RAJNA P (1996): Epilepszia. Springer Hungarica kiadó kft, Budapest.
- SZUPERA Z (2004): Az epilepszia gyógyszeres kezelése. *Ideggy Szle* 57:174–188.
- SZŰCS A, LALIT N, RÁSONYI GY, BARCS G, BÓNÉ B, HALÁSZ P, JANSZKY J (2006): Hirtelen halál és mortalitás epilepsziában. *Ideggy Szle* 59:321–328.
- VERROTTI A, MATRICARDI S, RINALDI VE, PREZIOSO G, COPPOLA G (2015): neuropsychological impairment in childhood absence epilepsy: review of the literature. *J Neurol Sci.* 359:59-66.

# AZ ALLERGIA ÉLETTANI HÁTTERE ÉS KEZELÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI

STANKOVICS KLAUDIA<sup>1</sup> – EMRI ZSUZSA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Biológia Ma szakos hallgató, <sup>2</sup>Eszterházy Károly Egyetem, Biológiai Intézet, Állattani tanszék.  
E-mail: emri.zsuzsa@gmail.com

**Abstract:** The allergy is not an illness of the modern age, but its occurrence dramatically increased in this century. In worldwide ~7,2 % of people are affected by asthma, and 10% of allergic patients are children. The allergic reaction is comprised by two phases. In the first phase the allergen triggers the production of a large amount of antibody IgE. Secreted IgE binds to mast cells and basophils. They release chemical mediators like histamine from their granules into the surrounding tissue causing several systematic effects such as smooth muscle contraction, oedema, itching, redness of the eyes. In the late-phase the allergen can bind to IgE molecules held on the surface of the mast cells cross-linking the IgE and FcεRI complex. The crosslinked FcεRI complex leads to the transcription of cytokine genes and the activation of different kinases. The resulted increase in intracellular Ca<sup>2+</sup> concentration leads to the release of histamine and other allergen mediators. Since histamine plays a key role in allergic reactions treatments usually include the use of antihistamines. Antihistamines could cause several side effects, therefore further researches aims the development of new, more selective medications as well as they investigate the ways of prevention of allergic problems.

## Bevezetés

Ha valakit megkérdezzük a környezetünkben, hogy van-e a családjában, baráti körében, kollégái között allergiás beteg, gondolkodás nélkül felelné: van, nem is egy! Az allergia napjainkban igen nagy publicitást kap, aminek oka, hogy a diagnosztizált allergiás megbetegedések száma rohamosan nő, és az

allergiás tünetek egyre erősebbé és elviselhetetlenné válnak, amely igen megnehezíti az egyszerű hétköznapi tevékenységeket és ront a munkahelyi teljesítőképességen is, így közvetve gazdasági vonzata is van.

Ebben a cikkben szeretném bemutatni az allergiát, mint élettani folyamatot, valamint a témát érintő kutatások eredményeinek.

### Történeti áttekintés

Bár a nagy publicitásnak köszönhetően úgy tűnik, hogy az allergia egy tipikusan 21. századi, modern civilizációs betegség, valójában mindig is jelen volt az emberiség történetében. Már az ókorban is foglalkoztak az allergiás megbetegedésekkel és kezelési lehetőségeikkel. Az ókori kínai orvoslás ephedrin-nel gyógyította a kínzó köhögési rohamokat. Hyppokrates és Galénos római orvos is leírta az asztmát és pollenallergia okozta légúti megbetegedéseket [1].

A történelem több neves uralkodója is szenvedett valamilyen allergiában, mely megnehezítette uralkodói tevékenységüket. Menész egyiptomi fáraó allergiás volt a darázscsípésre [2], Britannicus nem lehetett római császár, mert pollenallergiás volt, és így virágzás idején képtelen volt lovagolni és csatákat vezetni, így helyette mostohatestvére Néro lett a császár [1].

Az allergiás megbetegedések száma először a 19. században ugrott meg, az ipari forradalom hatására. Talán kevesen tudják, hogy hazánk legtöbb allergiás megbetegedését okozó parlagfű a 20. századig szinte ismeretlen volt Magyarországon, mivel ez a növény elsősorban az USA mérsékelt övi területein élt, és Magyarországra egy gabonaszállítmánnyal került véletlenül, és könnyen elterjedt hazánkban [3].

A jelenlegi adatok szerint a Föld lakosságának 7,2 %-a szenved például asztmában, ez mintegy 540 millió asztmás beteget jelent, akiknek 10%-a gyermek, főleg fiúk, ők teszik ki a beteg gyerekek kétharmadát [4].

### Az immunrendszer feladata és az allergia meghatározása

Az immunrendszer alapvető feladata a szervezet integritásának védelme kórokozók és különböző idegen struktúrák ellen. Ennek során az antigén szervezetbe jutását követően lezajló, több szinten szabályozott immunválasz eredményeként a patogén eliminálódik a szervezetből, majd helyreáll az im-



munhomeosztázis. Bizonyos esetekben azonban az immunrendszer nem megfelelő módon reagál az idegen anyagra, és túlérzékenységi vagy hiperszenzitivitási reakció jön létre. Ez a kóros aktivitás az esetek többségében gyulladás kialakulásához, és ennek következtében a szövetek roncsolásához vezet [5].

### **Az allergia, más néven I-es típusú túlérzékenységi reakció**

Az allergia multifaktoriális kórkép, A meghatározó tényezők elsősorban az egyén genetikai adottságai (FceRI  $\beta$  láncát kódoló gén, egyes MHCII allélek) mellett immunrendszerének állapota, esetleges működési zavara ( pl.: magas eozinofil granulocita szám) valamint a környezeti tényezők, mint az allergén forrás jelenléte, egyaránt jelentős mértékben befolyásolnak. Az I-es típusú túlérzékenységi reakció az antigénnel, vagyis az allergénnel való ismételt találkozás után azonnal bekövetkezik [5].

Az allergiás reakciót két német tudós Prausnitz és Küstner írta le [6]. A kísérletet saját magukon végeztés el. Küstner allergiás a halra, így vért vettek tőle és szérumát a nem allergiás Prausnitz bőrébe juttatták, majd a halból kivont extraktumot az érzékeny tette bőrébe oltották. A beoltás helyén azonnal allergiás bőrreakció alakult ki: pír, ödémás duzzanat, viszketés. A két kutató az anyagot reaginnak nevezte el. Azt, hogy ez a bizonyos szérum-faktor IgE izotípusú immunglobulin, csak jóval később, 1966-ban írta le a japán Ishizaka-házaspár [7].

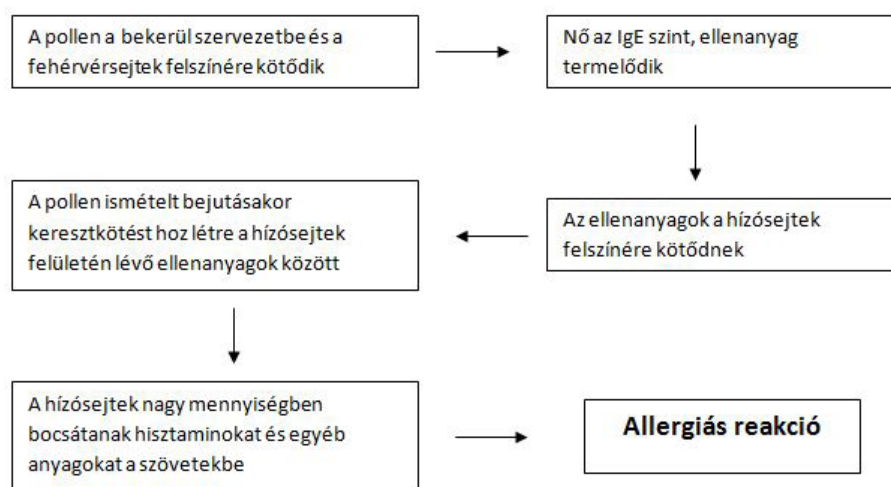
### **Az allergia kialakulása**

#### *Első fázis, a szenzibilizáció*

A szenzibilizációs időszak tulajdonképpen a betegség lappangási ideje. Az allergiás reakció kialakulásának első fázisában, az allergén által kiváltott immunreakció során IgE-izotípusú ellenanyag termelődik, ami az I-es típusú reakció effektor sejtjeihez, a hízósejtekhez és bazofil granulocitáknak kötődik (1. ábra).

Az IgE termelés kialakításában fontos szerepet játszanak a dendritikus sejtek, amelyek nagy számban fordulnak elő a légúti epitéliumban. A dendritikus sejtek specializált makrofág-szerű sejtek, melyek igen hatékony antigén-prezentáló sejtek. A dendritikus sejtek veszik fel az allergéneket, majd a helyi

nyirokcsomókba vándorolnak, ahol a feldolgozást és átalakítást követően a peptid-antigéneket MHC (Major Histocompatibility Complex)-II-rendszer molekuláikon bemutatják a  $T_h$ -sejteknek (helper-segítő T limfociták), hogy programozzák az antigén-specifikus T-sejtek termelődését [8]. Ez a folyamat nagyon hasonlít más antigének esetére, de a különbség hogy az allergének hatására a  $T_{h2}$ -sejtek stimulálódnak, és a sejtekből felszabaduló IL-4 és IL-13 limfokinek az antigén-specifikus B-sejtekben IgE-izotípusváltást okoznak. Az éretlen dendrikus sejtek a légzőrendszerben elősegítik a  $T_{h2}$  sejtek differenciálódást [9]. Az IgE-termelést a  $T_{h2}$ -sejtekből származó IL-4 és IL-13 citokinek mellett tovább fokozza az, hogy a B-sejteken kifejeződő CD40 kapcsolódik a hízósejteken megjelenő CD40L-hez, ami IL-4 termelést vált ki ez utóbbi sejtekből is. Az egyre nagyobb mennyiségben keletkező IgE nagy affinitása révén azonnal a bazofil granulocitákhoz és a hízósejtekhez kötődik, ami újabb IL-4 felszabadulást eredményez, és további IgE-termeléshez vezet, de még nem alakul ki allergiás reakció [5].



1. ábra: a pollenallergia sematikus ábrája [5]

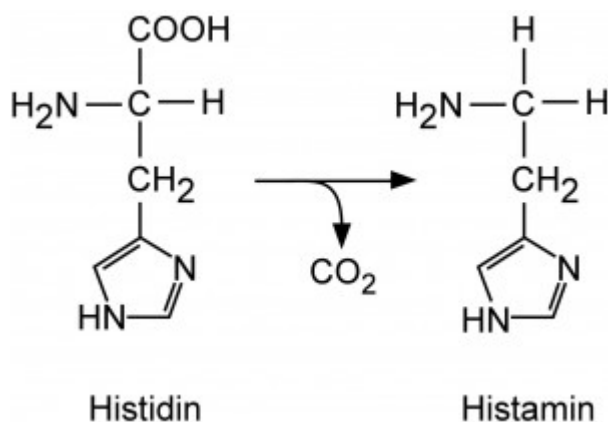
*Második fázis, az effektor sejtek aktiválódása*

Az allergén másodszori, ill. többszöri szervezetbe jutásakor a specifikus IgE-vel már érzékenyített bazofilekhez és hízósejtekhez kötődik. Ezek az effektor sejtek a csontvelő CD34+ mieloid előalakjaiból alakulnak ki, de míg a bazofil granulociták a vérben vannak jelen, addig a hízósejtek a különböző szövetekben telepsznek meg, és ott válnak érett sejté. A bőr kötőszöveti rétege az írha, valamint a légutak és az emésztőcsatorna mukóza alatti területe különösen gazdag hízósejtekben [5]. Felszínükön a növekedésüket biztosító őssejt-faktor (SCF – Stem Cell Factor) receptorát, a c-kit molekulát (CD117) fejezik ki. Ezek a sejtek a szövetekben termelődő citokinek hatására válnak éretté [10].

A hízósejtek és a bazofil granulociták felszíni jellemzője struktúrája az Fc $\epsilon$ RI, amely egy nagy affinitású IgE-t kötő receptor. Az Fc $\epsilon$ RI egy tetramer receptor komplex, amely tartalmaz egy  $\alpha$ -lánc ellenanyagkötő helyet és egy b-lánc kötőhelyet, amely felerősíti az átviteli jelet, és két g-láncot, amely a jelátvitelt indítják el. Az  $\beta$ - és  $\gamma$ -alegységek tartalmazzák az ITAM (immunoreceptor Tyrosine Activation Motifs)-szekvenciákat. Az  $\alpha$ -lánc az IgE-molekula Fc-részének C $\epsilon$ 3-as doménjét köti meg. Az allergén a hízósejteket szenzibilizáló IgE-vel reagálva keresztköti a Fc $\epsilon$ RI komplexeket. Az Fc $\epsilon$ RI keresztköteése a sejteket aktiválja, és ennek következtében a citoplazma-granulumok kiürülnek, megindul a citokingének átírása, ezt követően felszabadulnak lipidmediátorok [11]. A Lyn(Tyrosine Protein Kinase)- és a Syk (Spleen Tyrosien Kinase)-kinázok aktiválása a PLC $\gamma$  és a PKC útvonalon következik be. Ez elsősorban az intracelluláris raktárakban tárolt Ca<sup>2+</sup>-ok felszabadítja, ami az allergiás reakciót kiváltó mediátorok, elsősorban a hisztamin, granulumból való kiürülését indítja meg. A MAP (Mitogen Activated Proteine Kinase)-kináz aktiválódik, ami a megindított kaszkád a citokingének átírásához és a fehérjék szekréciójához vezet. A PLA<sub>2</sub> által közvetített folyamatok foszfatidilkolin (amely a membránt alkotja) lebontásának eredményeképpen, prosztaglandinok és lipidmediátorok keletkeznek [11]. A hízósejtek és a bazofil granulociták IgG-vel is aktiválhatók, mivel kifejeznek ITAM-ot hordozó Fc $\gamma$ RI- és Fc $\gamma$ RIII-receptorokat. A T<sub>h2</sub>-sejtek hatására IgG2 és IgG4 izotípusú ellenanyagok jelennek meg, melyek kötődhetnek ezekhez a receptorokhoz [5].

## Az allergiás reakció kialakulása és a tünetek megjelenése

Az allergiás reakció bekövetkezése után két fázisban jelennek meg a tünetek, egy perceken belül bekövetkező, azonnali fázis és egy késői fázis [5]. Az azonnali fázis az aktiválás után következik be miután az aktivált sejtek a granulumaikat a környezetbe kibocsátják. Az előalakban lévő anyagok könnyen és azonnal felszabadulnak: A célsejtekhez szintén könnyen és azonnal kötődnek, így gyakorlatilag azonnal jelentkeznek a tünetek. A legkönnyebben felszabaduló anyag a hisztamin (2. ábra), amely a hisztamin receptorokhoz kötődik.



2. ábra: Hisztidin átalakulása hisztaminná

A hisztamin bármelyik szövetben megtalálható, a hisztidin dekarboxilálása révén keletkezik a hisztidin dekarboxiláz enzim hatására. A hisztamin normál életfunkciók esetében a májban metilálással és oxidációval inaktívá válik [12]. A hisztamin a plazmamembránon található H1 és H2 receptorokhoz kötődve a G-proteint aktiválva kialakítja a jellegzetes allergiás tünetek. H1 és H2 receptorok található elsősorban a simaizom szövetekben, az érfalakban, a szívben és a központi idegrendszerben. H1 receptorhoz kötődve a hörgők simaizom összehúzódását idézi elő, miközben növeli a vénák átteresztő képességét és ez indítja be a tüszögést, míg a H2 receptorhoz kötődve az ereket kitágítva, a külső kiválasztású mirigyekre hatva megindul az orrfolyás [12]. A helyi immunregulációs egyensúlyt  $T_{h2}$  irányba tolja el, módosítja a

lokális gyulladási folyamatokat is, gátolja az interferon termelődését, az NK sejtek működését és a T sejtjes immunválaszt, ezenfelül a késői típusú túlérzékenységet [13].

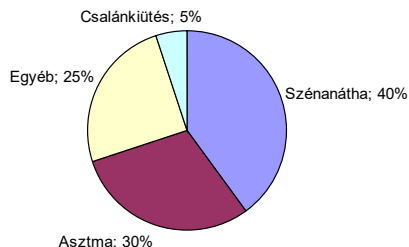
Az antihisztaminok alkalmazásakor a hisztaminok helyére kötődnek a hisztamin receptorokhoz, így az allergiás reakció miatt felszabadult hisztamin már nem képes kötődni.

Számos enzim is felszabadul, mint a triptáz, szerin-észteráz. Ezek az enzimek aktiválják a mátrix metalloproteinázait, melyek károsítják a szöveteket. Az enzimek mellett  $\text{TNF}\alpha$  is felszabadul, ez a tumor nekrozis faktor képes aktiválni az endotélsejteket, így adhéziós molekulák jönnek létre ami növeli a gyulladási leukociták szövetekbe jutását [5].

Az azonnali reakciót követheti egy késői reakció is, (Late Phase Response – LPR), ami akár két napig is elhúzódhat. Ebben a szakaszban az antihisztaminok hatástalanok, a szteroidok azonban hatékonyak. A kortikoszteroidok elnyomják a gyulladáshoz szükséges citokinek, adhéziós molekulák képződését [5].

### Az allergiás reakció tünetei

Kétféle módon jelentkezhetnek a tünetek, az első lokalizált anafilaxia formájában, mely jellemzően az allergén bejutásának helyén alakul ki, és a célszövetre korlátozódik. A klasszikus lokalizált anafilaxia típusai a szénanátha, az asztma, az ételallergia és a csalánkiütés (3. ábra). Szisztémás anafilaxiás reakció azokban az esetekben alakulhat ki, ha az allergén a vérkeringésbe kerül. A szisztémás anafilaxia tipikus allergénjei a rovarcsípés és a gyógyszer, elsősorban a penicillin. A szisztémás anafilaxia kialakulásakor az egész szervezetre kiterjedő krónikus állapot lép fel, mely sajnos a nem kellő gyorsaságú beavatkozásakor halálhoz vezethet. Ebben az esetben hirtelen nagy mennyiségben  $\text{TNF}$  szabadul fel [5].



3. ábra: a lokalizált anafilaxia formáinak megoszlása [4]

## Allergének

Az immunrendszer allergiás reakcióját allergének váltják ki, amelyek elsősorban a légzőrendszeren keresztül jutnak be a szervezetbe. Ezek az anyagok tulajdonképpen teljesen közönséges és ártalmatlan anyagok, nincs különleges szerkezeti vagy biokémiai tulajdonságuk, általában fehérjetermészetű anyagok, vagy enzimek Számos növényi és állati eredetű allergén meghatározó peptidszakaszait azonosították. Elnevezésük latin taxonómiai néven alapulnak, valamint az azonosításuk sorrendjére utaló római szám például: **parlagfű** (*Ambrosia artemisiifolia*) pollenjéből Amb aI; **háziporatka** (*Dermaphagoides pteronyssimus*) ürülékének allergénje Der pI [5]. A leggyakoribb allergéneket major allergénnek is nevezik (1. táblázat).

| Jellemző allergén                                  | Testbe kerülés módja | Kialakuló tünetek | Válaszreakció  |
|--|----------------------|-------------------|--|
| gyógyszer, földimogyoró, állati mérég              | intravénás           | anafilaxiás shock | ödéma, keringési zavar, viszketés, hasi fájdalom, súlyos esetben halál |
| rovarcsípés, allergiateszt                         | subcutan             | csalánkiütés      | helyi szöveti duzzanat   |
| pollen, háziatka                                   | belégzés             | szénanátha        | orrműkahártya irritáció és ödéma                                       |
| pollen, háziatka                                   | belégzés             | astma             | légút gyulladása és szűkülete  |
| csonthéjasok, földimogyoró, hal, kagyló, tej tojás | orális úton          | ételallergia      | hányás, hasmenés, viszketés, csalánkiütés                              |

1. Táblázat: leggyakoribb allergének és az általuk kiváltott reakciók [14]

Egyes pollenre érzékeny egyéneknél bizonyos ételek fogyasztásakor is megjelennek az allergiás tünetek. Ennek alapja a pollen- és az ételeredetű allergén szerkezeti rokonsága, következményeként a pollenspecifikus IgE-ellenanyag az ételből származó fehérjedeterminánst is felismeri, és így kiváltja a reakciót [5].

### Legjellemzőbb keresztreakciók [15]

**Nyírfa pollenje:** alma, körte, cseresznye, őszibarack, sárgabarack, szilva, kiwi, zeller, sárgarépa, burgonya, mogyoró, mandula

**Parlagfű pollenje:** görögdinnye, banán, uborka, cukkini

**Üröm pollenje:** zeller, sárgarépa, napraforgómag, méz

Az ételallergiát és ételintoleranciát gyakran összekeverik a laikusok, ugyan nem könnyű megkülönböztetni, de valójában a betegség két teljesen eltérő szervrendszerünket érinti (2. táblázat).

| Ételallergia                           | Ételintolerancia                                       |
|--|--|
| Immunrendszer felelős érte             | Emésztőrendszer felelős érte                           |
| Lakosság 5-7%-a érintett               | Minden 3. ember érintett                               |
| Azonnali heves immunreakció            | Tünetek csak órák, napok múlva jelentkeznek            |
| Már kis mennyiségű étel is előidézi    | Súlyossága függ az elfogyasztott mennyiségtől          |
| Tünetek: bőrvizketés, kiütés, légszomj | Tünetek: hasfájás, puffadás, székrekedés vagy hasmenés |
| Antitesttermelés IgE                   | Gyulladásos folyamat -> IgG                            |

2. Táblázat: az ételallergia és ételintolerancia közötti különbség bemutatása

## Rizikófaktorok

Természetesen nagy jelentősége van az örökletes hajlamnak, ha valamelyik szülő allergiás akkor a gyermeknek 50% az esélye a megbetegedésre, ha viszont mindkét szülő szenved a betegségben a gyermeknek több, mint 80% az esélye, hogy kialakul nála allergia, egyiptetjű ikrek esetében 75% [3].

A WHO adatai szerint a császármetszéssel történő szülések számának növekedésével egyenes arányban nőtt az allergiás gyermekek száma mivel ezek a gyerekek nem találkoznak a szülőcsatornában élő baktériumokkal, amelyek valószínűleg a bab immunrendszerének korai fejlődésében nagy szerepet játszanak [16]. Dr. Mikael Norman a Karolinska Egyetem gyermekorvosa szerint a császármetszés során valószínűleg a magasabb stressz szint miatt a DNS állomány epigenetikai módosítása (metilálása) különösen a fehérvérsejtekben nagyobb mértékű lesz. Ez a genetikai lenyomat kihat a későbbi életre is és fogékonyabbá teszi a császármetszéssel született egyéneket később különböző immunológiai betegségekre például asztmára, allergiára és diabetesre [17].

Kutatók szerint szintén nagy szerepe van az allergiás megbetegedések számának növekedésében az egyre sterilebb otthonok és egyéb környezetek, mint például az óvoda, az iskola és a munkahely, valamint, hogy egyre kevesebb időt töltünk a szabad levegőn, így egyre kevesebbet érintkezünk a természetes környezettel [18]. Angol kutatók több száz gyermek környezetét vizsgálták meg. Angol felmérések szerint az allergia kialakulása gyakoribb azoknál a gyermekeknél ahol nincs nagyobb testvér a családba, illetve nincsenek házi állatok. A házi állatok esetében a lehetőség szerint már az édesanya várandóssága alatt kell házi állatot tartania [3].

## **Az allergia kimutatására alkalmazott eljárások (Árkád Egészség Központ).**

Vérből végezhető allergia vizsgálat: légúti allergénekre (pollenek, atka, penész, állati szőr és tollak, stb.), táplálék allergénekre (búza, tej, tojás, stb.), rovarmérgekre (méh, darázs)

Prick teszttel végezhető allergia vizsgálat: légúti allergénekre (pollenek, atka, penész, állati szőr és tollak, stb.), táplálék allergénekre (búza, tej, tojás, stb.), az allergént az alkar bőrére cseppegtetjük, és nézzük a bőr reakcióját.

Epicután teszt allergia vizsgálat: A kérdéses anyagot, allergént a hát bőrére ragasztjuk. Ennél a módszernél szintén a bőr vörösödését, duzzanatát nézzük, azonban a felhelyezést követően 1-24-48 és 72 órát követően. Sőt vannak olyan allergének, melyek a felhelyezést követően egy héttel okoznak vörösséget. A hosszabb követés miatt epicután teszt allergia vizsgálata esetén a hát mosása nem javasolt, az eredmények leolvasásához több alkalommal be kell jönni.

Modern verzió a DNA-allergia teszt, mely biochip technikán alapul. Az eljárás során kizárólag vegykezeletlen bio anyagokat használnak, így sokkal pontosabb eredmény kapható, mivel a valódi allergénre ad reakciót a szervezet.

## **Az allergia kezelése**

### *Lehetséges beavatkozási pontok az allergiás reakció gátlására*

Az allergiás reakció molekuláris mechanizmusának részletesebb feltárásának köszönhetően egyre több ponton nyílik lehetőség a reakció kialakulásának meggátolására. A gátló pontok a következők lehetnek:  $T_{h2}$  sejtek működésének gátlása, IgE termelés és kötődés gátlása, az IgE és az Fc RI között kialakuló kölcsönhatás gátlása, a sejten belüli jelátviteli folyamatok gátlása, degranuláció gátlása, mediátorok hatásának gátlása [5].

## **Gyógyszeres kezelés antihisztaminokkal:**

A kialakult allergiás reakcióban felszabaduló hisztamin hatását antihisztamin-készítmények alkalmazása révén lehetséges semlegesíteni [19].

A H1-receptor antagonisták visszafordítható, vagyis reverzibilis módon gátolják a hisztamin kötődését a H1-receptoron. Az első generációs H1-receptor-blokkoló szerek még jól átjutottak a vér-agy gáton, és ezért központi



idegrendszeri hatásaik is kifejezettek voltak például befolyásolták az éhség - jólakottság érzés kialakulását, illetve szedatívák voltak. A második generációs H1-receptor-blokkoló szerek már a vér-agy gáton keresztül rosszul penetrálnak, nagymértékben szelektívek a H1-receptorra és hosszan tartó, 24 órás hatást fejtenek ki. Fő hatóanyagok: lovatadine, fexofenadin, levocetirizin [19].

A másik lehetséges beavatkozási pont a hisztamin felszabadulás gátlása a hízósejtekből hízósejtmembrán-stabilizáló szerekkel. Az idesorolt szerek nemcsak hisztamin, hanem prosztaglandinok, leukotriének és citokinek felszabadulását is megakadályozzák [19].

Miután a hisztamin minden szervünkben előforduló számos egyéb hatást is kialakító anyag az antihisztamin kezeléseknél számos egyéb, sokszor káros illetve egészségünkre veszélyes hatás is kialakulhat [12]. A H1-antagonisták a hisztamin simaizom-kontrakciót kiváltó hatását gátolják a hörgőkben, a bélben és a nagyereken, de csökkentik az endothelfüggő értágulatot, bőrpírt és a posztkapilláris venulák permeabilitásfokozódását is. A központi idegrendszeri hatások közé tartozik az antihisztaminok szedatív, illetve a kognitív funkciókat gátló mellékhatásai, illetve a vestibularis magvakban található H1- és muszkarinreceptorok blokkolása terápiásan hasznosítható antiemetikus hatást eredményez. Az antihisztaminok számos citokin (például IL-1b, IL-6, IL-8, TNF-a, GM-CSF) termelődését csökkentik, az adhéziós molekula ICAM-1 expresszióját down-regulálják, és különféle gyulladásosejtek (például eosinophilek) aktivitását mérséklék [19].

### Alternatív és modern gyógymódok

A parazitás fertőzések alkalmával IgE-szint növekedik. A vizsgálatokat Schistosoma féreggel fertőzött egyének esetében végezték, hogy a féreg fertőzés milyen hatással lehet az allergén reakciók kialakulására. A féreggel fertőződött emberekben az IL-10 szintje magasabb. Terápiás lehetőséget abban látnak a kutatók, hogy a parazitából kivont anyagokat alkalmazzák a terápia során [5].

Az allergén-specifikus immunterápia gyakorlati alkalmazására vonatkozó nemzetközi irányelveket pedig az Egészségügyi Világszervezet fektette le 1997-ben. Hazánkban 2008. augusztus 28.-án megalakult a **Magyar Allergológiai és Klinikai Immunológiai Társaság Immunterápiás szekciója**. Az immunterápiás kezelés segítségével a beteg szervezete lépésről-lépésre hoz-

zásokik az allergiát kiváltó anyaghoz, illetve megelőzhetőek az olyan súlyosabb, allergia következtében kialakuló szövődmények is, mint az asztma. Az allergén-specifikus immunterápia célja, hogy megfékezze az allergiát kiváltó allergén hatására bekövetkező kóros túlreakciót, méghozzá azáltal, hogy a beteg szervezetét az allergén magas fokban tisztított kivonatának, szigorúan ellenőrzött adagolásával hozzászoktatjuk ahhoz [20].

Az ősi kínai orvoslás az allergia kezelésére is kínál gyógymódot. Wu -Mei Wan 10 különböző gyógynövényből állított össze egy klasszikus formulát, melyet parazita fertőzések esetében alkalmazott, melyet a 2000 éves Kínai orvoslás könyvében dokumentált is. A továbbfejlesztett formulához, melyet ételallergia ellen alkalmaztak hozzáadásra került még egy gyógynövény (Ling Zhi), mely ezek után FAHF-1(Food Allergy Herb Formula-1) nevet kapta. Két gyógynövényről (Xi-Xin és Zhi-Fu-Zi) később bebizonyosodott, hogy mérgezőek, így ezeket eltávolították a készítményből ezek után kapta a mai is használatos FAHF-2 elnevezést. A FAHF-2 készítményt C3H/HeJ egereken tesztelték, amelyek érzékenyítettek lettek a mogyoró, tojás és hal toxinra. A kísérlet alatt napi kétszer kaptak FAHF-2-t hét héten keresztül. A kezelés után védettséget mutattak az anafilaxiás reakció iránt, az allergén specifikus IgE szintjük csökkent [21].

A probiotikumok allergia kialakításában játszott szerepének tisztázására végzett kutatások kimutatták, hogy a várandósság és a szoptatás alatt alkalmazott probiotikumoknak, elsősorban a Laktobacilusoknak és a Bifidobacilusoknak kiemelkedő szerepe van az ekcéma kialakulásában. Sem a FAO sem a WHO nem ad iránymutatást arra vonatkozólag, hogy mennyi a szükséges napi bevétel a probiotikumokat illetően [22].

## Jövőkép

A WHO előrejelzései szerint 2025-re a Föld népessége eléri a 10 milliárd főt, melynek 50%-a fog szenvedni valamilyen allergiás betegségben [23]. A szabad kereskedelmi megállapodásokkal számos új termék kerül be olyan országokba ahol eddig nem volt elérhető, azonkívül a világ különböző részein az élelmiszerekre vonatkozó szabályozások eltérőek és emiatt is sok olyan új anyaggal találkozhat szervezetünk, melyek kiválthatnak allergiát.

A WAO tanulmánya szerint a globális felmelegedés is közvetve hozzájárul az

egyre gyakoribb és egyre súlyosabb légzőszervi allergiához. A klímaváltozással, az egyre több forró napok számával a virágzás egyre hamarabb kezdődik és egyre tovább tart, így a pollenallergiában szenvedők betegsége bár szezonális, egyre elhúzódott lesz. Az üvegházi gázok nemcsak az átlaghőmérséklet emelkedésért felelősek, hanem a virágpollenek szerkezetéért is. Azokban a városokban, ahol az ipar és a közlekedés miatt a káros anyag kibocsátás magas, a pollenek szerkezete módosul, és így hevesebb reakciót válthat ki [24].

### Összegzés

Az allergia, bár nem a modernkor betegsége elsősorban, mégis a 21. századra okoz járvány méretű elterjedést és a folyamatosan folyó kutatások mind arra a következtetésre jutnak, hogy a helyzet rosszabbodni fog, mind a megbetegedések számát, mint a lefolyásuk súlyosságát illetően. Ennek fényében a kezelésre irányuló kutatások a klasszikus gyógyszeres kezelések mellett egyre jobban előtérbe helyezik az alternatív gyógyászati lehetőségeket és természetesen a megelőzést is. A két meghatározó allergia, melyek a szénanátha és az ételallergia a globalizmus és az éghajlatváltozás miatt, egyre súlyosabb formában jelentkeznek, és gyakoribbak a különböző adalékanyagokra, tartósítószerre, kozmetikai cikkekre és gyógyszerekre adott túlérzékenységi reakciók is.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [http://orvostortenet.hu/tankonyvek/tk-05/pdf/2.9.8/major\\_asztma\\_tortenet\\_3\\_2resz.pdf](http://orvostortenet.hu/tankonyvek/tk-05/pdf/2.9.8/major_asztma_tortenet_3_2resz.pdf)  
[http://orvostortenet.hu/tankonyvek/tk-05/pdf/2.9.8/major\\_asztma\\_tortenet\\_2resz.pdf](http://orvostortenet.hu/tankonyvek/tk-05/pdf/2.9.8/major_asztma_tortenet_2resz.pdf)  
HUTÁS I: A fejlett világ járványa: az allergia, Magyar Tudomány, 2000/10. <http://epa.oszk.hu/00700/00775/00023/1242-1251.html>  
<http://www.webbeteg.hu/cikkek/allergia/504/a-legeterjedtebb-allergiatipusok>  
ERDEI A, SÁRMAJ G, PRECHL J (2012): Immunológia, Medicina [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011\\_0001\\_524\\_Immunologia/adatok.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_524_Immunologia/adatok.html)  
PRAUSNITZ C, KÜSTNER H: STUDIEN ÜBER DIE UEBEREMPFINDLICHKEIT. ZENTRALBL BAKTERIOL 1921/86: 160–169.  
ISHIZAKA K, ISHIZAKA T, HORN BROOK MM: PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF HUMAN REAGINIC ANTIBODY. IV. PRESENCE OF A UNIQUE IMMUNOGLOBULIN AS A CARRIER OF REAGINIC ACTIVITY. J. IMMUNOL. 1966/97 75–85.  
RAJNAVÖLGYI É: A dendritikus sejtek és terápiás felhasználási lehetőségeik. Magyar Tudomány 2003/4. <http://www.matud.iif.hu/03apr/rajnav.html>  
BARNES PJ: Therapeutic strategies for allergic diseases. Nature 1999/402 B31-B38  
GALLI SJ, TSAI M: IgE and mast cells in allergic disease. Nature Medicine

- 2012/18 693–704.
- TURNER H és KINET J-P: Signalling through the high-affinity IgE receptor FcRI. *Nature* 1999/402 24-30.
- FALUS A: AZ IMMUNOLÓGIA ALAPJAI. SEMMELWEIS, 2000.
- FALUS A; KOZMA G, WIENER Z, HEGYESI H, PÓS Z, SZALAI Cs, BÚZÁS E: A hisztamin, mint a th2 irányú immunreguláció része; Posztgenomikus kilátások a metabolomika irányában. *Magyar Tudomány* 2003/4. <http://www.matud.iif.hu/03apr/falus.html>  
<http://www.allergiaambulancia.hu/jo-tudni.php>  
<https://www.allergiakozyont.hu/keresztallergia>
- HAVSTAD S, WEGIENKA G, ZORATTI EM, LYNCH SV, BOUSHEY HA, NICHOLAS C, OWNBY DR, JOHNSON CC: Effect of prenatal indoor pet exposure on the trajectory of total IgE levels in early childhood. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 2011; DOI: [10.1016/j.jaci.2011.06.039](https://doi.org/10.1016/j.jaci.2011.06.039)
- SCHLINZIG T, JOHANSSON S, GUNNAR A EKSTRÖM TJ NORMAN M: Epigenetic modulation at birth - altered DNA-methylation in white blood cells after Caesarean section. *Acta Paediatrica*, 2009/98 1096 DOI: [10.1111/j.1651-2227.2009.01371.x](https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2009.01371.x)
- OKADA H, KUHN C, FEILLET H, BACH J-F: The 'hygiene hypothesis' for autoimmune and allergic diseases: an update. *Clin Exp Immunol.* 2010/160 1–9.
- GYIRES K, FÜRST Zs (2011): A farmakológia alapjai *Medicina* [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011\\_0001\\_524\\_Farmakologia/adatok.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_524_Farmakologia/adatok.html)  
[http://www.worldallergy.org/professional/allergic\\_diseases\\_center/immunotherapy/immunotherapysynopsis.php](http://www.worldallergy.org/professional/allergic_diseases_center/immunotherapy/immunotherapysynopsis.php)
- Wang J: Treatment of food anaphylaxis with traditional Chinese herbal remedies – from mouse model to human clinical trials *Curr Opin Allergy Clin Immunol.* 2013/13 386–391.
- FIOCCHI A, PAWANKAR R, CUELLO-GARCIA C, AHN K, AL-HAMMADI S, AGARWA A, BEYER K, BURKS W, CANONICA GW, EBISAWA M, GANDHI S, KAMENWA R, LEE BW, LI H, PRESCOTT S, RIVA JJ, ROSENWASSER L, SAMPSON H, SPIGLER M, TERRACCIANO L, VEREDA-ORTIZ A, WASERMAN S, YEPES-NUÑEZ JJ, BROŽEK JL, SCHÜNEMANN HJ: World Allergy Organization-McMaster University Guidelines for Allergic Disease Prevention (GLAD-P): Probiotics. *World Allergy Organization Journal* 2015/8 4.
- PAWANKAR R, CANONICA GW, HOLGATE ST, LOCKEY RF, BLAISS MS: World Allergy Organization (WAO) White Book on Allergy: Update 2013
- D'AMATO G, HOLGATE ST, PAWANKAR R, LEDFORD DK, CECCHI L, AL-AHMAD M, AL-ENZEI F, AL-MUHSEN S, ANSOTEGUI I, BAENA-CAGNANI CE, BAKER DJ, BAYRAM H, BERGMANN KC, BOULET LP, BUTERS JTM, D'AMATO M, DORSANO S, DOUWES J, FINLAY SE, GARRASI D, GÓMEZ M, HAAHTELA T, HALWANI R, HASSANI Y, MAHBOUB M, MARKS G, MICHELOZZI P, MONTAGNI M, NUNES C, OH JJ-W, POPOV TA, PORTNOY J, RIDOLO E, ROSÁRIO N, ROTTEM M, SÁNCHEZ-BORGES M, SIBANDA E, SIENNA-MONGE JJ, VITALE C ANNESI-MAESANO I: Meteorological conditions, climate change, new emerging factors, and asthma and related allergic disorders. A statement of the World Allergy Organization. *World Allergy Organization Journal* 2015/8 25.

# MOHAADATOK AZ ESZTERHÁZY KÁROLY FŐISKOLA BOTANIKUS KERTJÉBŐL (EGER)

SZŰCS PÉTER – PÉNZESNÉ KÓNYA ERIKA

*Eszterházy Károly Egyetem, Biológiai Intézet, Növénytani és Ökológiai Tanszék.*

*E-mail: konya.erika@uni-eszterhazy.hu*

**Summary** – Bryophyte data from Botanic Garden of Eszterházy Károly College (Eger, NE-Hungary)

33 bryophyte species were collected in the botanical garden of Károly Eszterházy College with 1 hectare area during the autumn of 2014. Among the common and frequent species the presence of *Rhytidium rugosum*, an indicator species for closed grasslands, the appearance of the wet habitat indicator *Climacium dendroides* and the highly endangered (NT) *Orthotrichum pumilum* are important bryofloristical data to take into account.

**Keywords:** mosses, indicator species, bryofloristic research

**Összefoglalás** – 2014 őszén végzett gyűjtések eredményeként a közel egy hektáros botanikus kertből összesen 33 lombosmoha ismert. Közönséges és gyakori fajok mellett figyelmet érdemel a *Rhytidium rugosum*, mely zárt gyepek indikátor mohája, a nedves élőhelyeket jelző *Climacium dendroides*, és a veszélyeztettség közeli (NT) természetvédelmi státuszú *Orthotrichum pumilum* jelenléte.

**Kulcsszavak:** lombosmohák, indikátor fajok, mohafloisztika

## Bevezetés

Az Almagyar-dombon elterülő botanikus kertben korábban – a szerzők tudomása szerint – nem zajlottak mohafloisztikai jellegű kutatások. Az alábbi tudományos eredményeket megalapozó terepi gyűjtések 2014–2015 között

történt kert-rekonstrukciós munkálatok előtt zajlottak, tehát a korábbi évek (közel 50 éves periódus) mohafldrájáról adnak leírást. A kert közel tíz éven keresztül zajló bolygatatlansága kedvezett a mohák betelepülésének és populációik megerősödésének.

### Anyag és módszer

A terepi gyűjtések 2014 szeptemberében zajlottak. A mintagyűjtés során feljegyzésre került a jellemző a gyűjtés ideje, a mikroéölhely és az aljzat. A határozáshoz határozókönyveket (SMITH 2004; ATHERTON et al. 2010) és kulcsokat (LEWINSKY–HAAPASAARI 1995) vettünk igénybe.

A begyűjtött példányokat az Eszterházy Károly Főiskola Növénytani és Ökológiai Tanszékének Kriptogám Herbáriumában (EGR) helyeztük el. A taxonok megnevezéséhez HILL és mstai (2006), veszélyeztetettségi státuszának és indikátor jellegének megadásához a hazai moha vörös listát (PAPP et al. 2010) használtuk. A közép-európai flóratérképezési rendszer negyedelésével nyert kvadrátjának azonosító száma: 8088.3.

### Gyűjtési helyek listája

- Heves megye, Eger, Almagyar-domb, Eszterházy Károly Főiskola Botanikus Kertje, faépület mellett, (leg: Szűcs P, 2014.09.12.) N47°54'24.9" E20°23'27.0", 226 tszfm.
- Heves megye, Eger, Almagyar-domb, Eszterházy Károly Főiskola Botanikus Kertje, egykori gyepes készen, (leg: Szűcs P, 2014.09.12.) N47°54'24.6" E20°23'24.8", 226 tszfm.
- Heves megye, Eger, Almagyar-domb, Eszterházy Károly Főiskola Botanikus Kertje, „Északi-középhegység” gyűjtemény, egykori árnyas mészke sziklakert, (leg: Szűcs P, 2014.09.12.) N47°54'24.0" E20°23'24.1", 227 tszfm.
- Heves megye, Eger, Almagyar-domb, Eszterházy Károly Főiskola Botanikus Kertje, „Nyugat-Dunántúl” gyűjtemény, behajtó út mellett, (leg: Szűcs P, 2014.09.12.) N47°54'24.8" E20°23'23.3", 224 tszfm.

- Heves megye, Eger, Almagyar-domb, Eszterházy Károly Főiskola Botanikus Kertje, „Egzotikus növények” gyűjtemény, (leg: Szűcs P, 2014.09.12.) N47°54'24.2" E20°23'22.2", 226 tszfm.
- Heves megye, Eger, Almagyar-domb, Eszterházy Károly Főiskola Botanikus Kertje, „Dél-Dunántúl” gyűjtemény, (leg: Szűcs P, 2014.09.12.) N47°54'23.1" E20°23'22.5", 229 tszfm.

### Eredmények

Az Eszterházy Károly Főiskola Botanikus Kertjéből összesen 33 lombosmohát azonosítottunk, valamennyi adat új a területre. A kimutatott taxonok többsége közönséges és gyakori. Ezek mellett figyelemre méltó az indikátor mohafajok jelenléte a botanikus kertben. A *Rhytidium rugosum* a hazai vörös listán „nem veszélyeztetett, de figyelmet érdemlő” (LC-att) besorolású, zárt gyepek indikátor mohája. Legközelebb a Nagy-Eged hegy délnyugati kitérségű, napos gyepfoltjain figyelhető meg. A hasonló besorolású *Climacium dendroides* nedves élőhelyek indikátor faja, előfordulási pontján a kertben nagy kiterjedésű gyepet alkotott *Pinus sylvestris*, *Pinus strobus* és cserjefajok árnyékában. A „veszélyeztetettség közeli” (NT) *Orthotrichum pumilum* fakéreg indikátor mohafaj, a kertben *Morus alba* kérgéről ismert.

*Enumeratio* – Felsorolás

Bryophyta – Lombosmohák

*Abietinella abietina* (Hedw.) M.Fleisch. – 4, 5: talajon.

*Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp. – 5: *Morus alba* kérgén

*Anomodon attenuatus* (Hedw.) Huebener – 4: talajon

*Barbula unguiculata* Hedw. – 1: talajon

*Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Schimp. – 2, 4, 5: talajon

*Brachythecium salebrosum* (Hoffm. ex F.Weber & D.Mohr) Schimp. – 5: *Morus alba* kérgén

*Bryum argenteum* Hedw. – 1: talajon

*Bryum caespiticium* Hedw. – 1: talajon

*Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske – 2: talajon

- Climacium dendroides* (Hedw.) F. Weber & D.Mohr – 5: talajon  
*Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. – 1: talajon  
*Fissidens taxifolius* Hedw. – 5: talajon  
*Homalothecium lutescens* (Hedw.) H.Rob. – 2: talajon  
*Homalothecium philippeanum* (Spruce) Schimp. – 3: mészkősziklán  
*Homomallium incurvatum* (Schrad. ex Brid.) Loeske – 3: mészkősziklán  
*Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp. – 4: talajon  
*Hypnum cupressiforme* Hedw. – 3: mészkősziklán  
*Oxyrrhynchium hians* (Hedw.) Loeske – 1,2,5: talajon  
*Orthotrichum anomalum* Hedw. – 3: mészkősziklán  
*Orthotrichum cupulatum* Hoffm. ex Brid. – 3: mészkősziklán  
*Orthotrichum diaphanum* Schrad. ex Brid. – 5: *Morus alba* kérgén  
*Orthotrichum pallens* Bruch ex Brid. – 5: *Morus alba* kérgén  
*Orthotrichum pumilum* Sw. ex anon. – 5: *Morus alba* kérgén  
*Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T.J.Kop. – 4: talajon  
*Plagiomnium undulatum* (Hedw.) T.J.Kop. – 6: talajon  
*Platygyrium repens* (Brid.) Schimp. – 5: *Morus alba* kérgén  
*Pseudoscleropodium purum* (Hedw.) M.Fleisch. – 2, 4: talajon  
*Rhytidium rugosum* (Hedw.) Kindb. – 4: talajon  
*Rhytidiadelphus squarrosus* (Hedw.) Warnst. – 2: talajon  
*Schistidium crassipilum* H. H.Blom – 3: mészkősziklán  
*Thuidium assimile* (Mitt.) A. Jaeger – 4: talajon  
*Tortula lanceola* R. H. Zander – 1: talajon  
*Tortula muralis* Hedw. – 3: mészkősziklán

### Köszönetnyilvánítás

A közlemény a Társadalmi Megújulás Operatív Program *Kutatás, Innováció, Együttműködések – Társadalmi innováció és kutatási hálózatok együttműködésének erősítése az Eszterházy Károly Főiskola, a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Nonprofit Kft. és az Agria TISZK Közhasznú Nonprofit Kft. együttmű-*



*ködésével* címet viselő, TÁMOP-4.2.1. D-15/1/KONV-2015-0013 azonosító számú projekt keretében készült. A projekt az Európai Unió támogatásával és az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- ATHERTON, I., BOSANQUET, S. & LAWLEY, M. (eds.), (2010): Mosses and Liverworts in Britain and Ireland a field guide. – British Bryological Society, Plymouth, 848 pp.
- HILL, M. O., BELL, N., BRUGGEMAN-NANNAENGA, M. A., BRUGUES, M., CANO, M. J., ENROTH, J., FLATBERG, K. I., FRAHM, J. P., GALLEGU, M. T., GARILETTI, R., GUERRA, J., HEDENÄS, L., HOLYOAK, D. T., HYVÖNEN, J., IGNATOV, M. S., LARA, F., MAZIMPAKA, V., MUNOZ, J. & SÖDERSTRÖM, L. (2006): An annotated checklist of the mosses of Europe and Macaronesia. – *Journal of Bryology* 28: 198–267.
- LEWINSKY-HAAPASAARI, J. (1995): Illustrierter Bestimmungsschlüssel zu den europäischen Orthotrichum-Arten. – *Meylania* 9: 3–57.
- PAPP B., ERZBERGER, P., ÓDOR P., HOCK Zs., SZÖVÉNYI P., SZURDOKI E. & TÓTH Z. (2010): Updated checklist and Red List of Hungarian Bryophytes. – *Studia Botanica Hungarica* 41: 31–59.
- SMITH, A. J. E. (2004): The mossflora of Britain and Ireland. – Cambridge University Press, Cambridge, 1012 pp.



# MADÁR ÉS KISEMLŐS ADATOK AZ ESZTERHÁZY KÁROLY EGYETEM BOTANIKUS KERTJÉBŐL (EGER)

VIG ZSÓFIA<sup>1</sup> – HOROTÁN KATALIN<sup>2</sup> – VARGA JÁNOS<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Biológia – földrajz osztatlan tanár szakos hallgató,* <sup>2-3</sup> *Eszterházy Károly Egyetem,  
Biológiai Intézet, Állattani tanszék. E-mail: vi.zso963@gmail.com*

**Abstract:** The bird fauna of the Botanical Garden of the Eszterházy Károly University Eger have been surveyed three times in 2016 (17 May, 17 June and 30 June). Altogether 23 bird species were observed including 23 protected and one strictly protected species. During our study we placed 5 bird-hovel into the garden of which 4 produced successful nestlings.

## Bevezetés

A Botanikus Kertet 1967-ben létesítették. A kert, 2010 januárjában megkapta a „*Jelentős zöld felülettel rendelkező különleges terület*” besorolást, azaz a helyi védelmet. A kertben 2010 óta, *ex situ* fajvédelmi szaporító programokat indítottak el, az ország más botanikus kertjeiben dolgozó szakemberekkel és kutatókkal együttműködve.

Az alapítása óta eltelt évtizedek során az állagában leromlott Botanikus Kert teljes felújítására 2011 és 2015 között zajlott. Környezet és Energia Operatív Program keretében megvalósult rekonstrukció eredményeként a kert megújult, a rekonstrukció során teljes körű felújításra került a kert élőhelystruktúrája. 2015-től a Botanikus Kert tagja a Magyar Arborétumok és Botanikus kertek Szövetségének, így további több országos szakmai programokba is bekapcsolódott.

A kert mellett, hogy kiemelkedő, lehetőséget biztosít botanikai és természetvédelmi kutatásokhoz, jelentős az ismeretterjesztő szerepe, bemutató kertként és az oktatás gyakorlati helyszínéeként is működik, kellemes környe-

zetet biztosít a pihenéshez és kikapcsolódáshoz is. Az pihenés és kikapcsolódás céljára való hasznosítást biztosítja, hogy a kert korlátozottan, előzetes bejelentkezéssel látogatható. A megújult Botanikus Kert a látogatók számára többek között madárbarát programmal is kiegészítette kínálatát. Ismeretes, hogy a Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület (MME) 2002-ben indította el lakossági természetvédelmi akcióját, amelyhez a Botanikus Kert is csatlakozott.

A madarak és más állatcsoportok faj- és egyedszám növelésének alapfeltétele a természetes élőhelyeket leginkább felidéző növényzet megőrzése (és telepítése). Ebben a vonatkozásban a Botanikus Kert változatos növényfajai (és fajtái), fákkal, bokrokkal, gyepfoltokkal is tarkált élőhelystruktúrája, táplálkozó-, pihenő- és fészkelőhelyként egyaránt kedvező feltételeket biztosít a madarak számára.

### Anyag és módszer

A Botanikus kert madárfaunájának tájékozódó jellegű felmérésére 2016. május 17. 2016. június.17, 2016. június 30. került sor. A felmérés során a kertben kirakott öt madárodú tartalmát is megvizsgáltuk. A botanikus kert területén megfigyelt madárfajok jegyzéke

#### **Turdidae – Rigófélék**

*Turdus merula* Linnaeus, 1758 – Fekete rigó, *Turdus philomelos* C. L. Brehm, 1831 – Énekes rigó

#### **Sylviidae – Óvilági poszátafélék**

*Phylloscopus collybita* Vieillot, 1818 – Csilpcsalpfüzike, *Sylvia atricapilla* Linnaeus, 1758, Barátposzáta – *Sylvia communis* Latham, 1787 – Mezei poszáta

#### **Muscicapidae – Légykapófélék**

*Phoenicurus ochruros* (Linnaeus, 1758) – Házi rozsdafarkú

#### **Laniidae – Gébicsfélék**

*Lanius collurio* Linné, 1758 – Tövisszúró gébics

#### **Oriolidae – Sárgarigófélék**

*Oriolus oriolus* (Linnaeus, 1758) – Sárgarigó

**Sturnidae – Seregélyfélék**

*Sturnus vulgaris* (Linnaeus, 1758) – Seregély

**Passeridae – Verébfélék**

*Passer montanus* (Linnaeus, 1758) – Mezei veréb

**Paridae – Cinegefélék**

*Parus major* Linnaeus, 1758 – Széncinege, *Poecile palustris* (Linnaeus, 1758) – Barátcinege, *Cyanistes caeruleus* (Linnaeus, 1758) – Kék cinege

**Fringillidae – Pintyfélék**

*Fringilla coelebs* Linnaeus, 1758 – Erdei pinty, *Carduelis chloris* Linnaeus, 1758 – Zöldike, *Carduelis carduelis* Linnaeus, 1758 –Tengelic

**Emberizidae – Sármányfélék**

*Emberiza calandra* (Linnaeus, 1758) – Sordély

**Alaudidae – Pacsirtafélék**

*Alauda arvensis* Linnaeus, 1758 – Mezei pacsirta

**Hirundinidae – Fecskefélék**

*Hirundo rustica* (Linné, 1758) – Füsti fecske

**Picidae – Harkályfélék**

*Dendrocopos syriacus* (Ehrenberg, 1833) – Balkáni fakopáncs, *Picus viridis* Linnaeus, 1758 – Zöld küllő

**Accipitridae – Vágómadárfélék**

*Accipiter nisus* Linnaeus, 1758 – Karvaly

**Strigidae – Bagolyfélék**

*Otus scops* (Linnaeus, 1758) – Füleskuvik

## Eredmények

A Botanikus kert területén megfigyelt 23 madárfajból 21 védett és egy fokozottan védett. A kert területén madárodúk kihelyezésre kerültek, 5 odúból 4-ben seregélyek költése volt megfigyelhető (1. kép.).



1. kép. A madárbarát program keretében kihelyezett madárodú, fiatal seregélyfióka a fészekben  
(fotó: Horotán Katalin)

Külön is említést érdemel a fokozottan védett füleskuvik jelenléte a kert területén. A bagolyalkatúak rendjét képviselő tizenhárom európai faj közül – a szakállas bagoly kivételével – mindegyik előfordulását bizonyították Magyarország területén. Közülük nyolc költ, a további négy faj csak alkalmanként fordul elő nálunk. A hazánkban szórványosan előforduló fokozottan védett füleskuvik *Otus scops* az egyetlen vonuló baglyunk. Öreg gyümölcsösök, ligetek idősebb fáinak odvában költ. A baglyok többsége elsősorban pockokat, egereket zsákmányol, a füleskuvik azonban inkább nagyobb rovarokat fogdos. A Botanikus Kert területén az állatrendszertani terepgyakorlat egyik alprogramjaként 2016. május. 17-én fénycsapdázást végeztünk. Ekkor lettünk figyelmesek a füleskuvik jelenlétére, mivel hosszú ideig ismételtette vékony, huhogásra egyáltalán nem emlékeztető hangját a kert területén.

A Botanikus Kertben odúkészítő harkályok is megfigyelhetők voltak, ami kedvező lehet a későbbiekben, mivel az által készített, majd elhagyott üregek, odúk, több más odúlakó madárfaj fészkelésére és megtelepedésére (hazai madarak közül mintegy harminc faj), is lehetőséget biztosíthatnak majd.

A harkályok elhagyott üregeit emellett előszeretettel használják a többnyire éjszakai életmódot folytató pelefajok is nappali búvóhelynek vagy téli menedéknek. Ez a vizsgálatok során is igazolást nyert.

Bár az emlősök felmérésére nem került sor megemlítenénk, két fajt, a védett európai mókust (*Sciurus vulgaris*) és a hazánkban viszonylag ritka, fokozottan védett erdei pele (*Dryomys nitedula*) jelenlétét. A vizsgált időszakban mindkettő jelen volt a botanikus kert területén. Az erdei peléről ismeretes, hogy Megtelepszik faodúkbán és/vagy megfelelő nagyságú mesterséges fészekodúkbán is, az általunk megfigyelt erdei pele is a Botanikus Kertben kihegyezett egyik odúban volt megfigyelhető, a 2016. május 17-i fénycsapdázás során az odúkat átvizsgálva leltünk rá.

### Köszönetnyilvánítás

A felmérés a BNPI és EKE Botanikus kert, Kutatás és természetvédelem Biodiverzitás és konzervációbiológia kutatócsoport tevékenységéhez kapcsolódóan készült.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- PÉNZESNÉ DR. KÓNYA ERIKA, DR. TÁBORSKÁ JANA, RAUSZ RITA (2013) – EKF Botanikus Kert (kiadvány)
- PÉNZESNÉ DR. KÓNYA ERIKA – A botanikus kert (2014) <http://ekfbotanika.ektf.hu/page/about>
- Open Biomaps adatbázis (2016) - [http://openbiomaps.org/projects/eke\\_botgarden/](http://openbiomaps.org/projects/eke_botgarden/)
- Az Eszterházy Károly Főiskola botanikus kertjének megőrzése, helyreállítása KEOP-3.1.2/09-11





# ADATOK AZ EGRI TERMÁLVIZEK PUHATESTŰ FAUNÁJÁHOZ

GÁL BLANKA

ELTE TTK Környezettudományi Doktori Iskola PhD hallgató.

E-mail: galblankaa@gmail.com

**Abstract.** A list of the freshwater molluscs inhabiting thermal waters that flow into Eger Stream in Hungary was compiled. The aim of this research was to investigate the mollusc fauna of the stream's thermal section and to search for two endangered species that were previously mentioned in the literature (*Fagotia accicularis* var. *Audebardi* Prévost and *Borysthenia naticina*). Nine species of mollusc were detected at 3 sampling sites. Four species were exotic: *Haitia acuta*, *Melanooides tuberculata*, *Planorbella dury* and *Potamopyrgus antipodarum*. These species originated from North America, East Africa, West Asia and New Zealand and were probably introduced into Eger Stream by aquarists. Another five detected native species are not endangered in Hungary. The exotic species *Melanooides tuberculata* was the most abundant taxa, moreover the exotic species were the most abundant (98,1%) compared to the native species in the thermal section of the stream.

## Bevezetés és célkitűzés

Eger híres termálvizéről, hiszen a török megszállás előtti időkre visszanyúló fürdőkulturával rendelkezik. Ezeket a vizeket ma is hasznosítják fürdők üzemeltetése céljából és ásványvizek palackozására egyaránt (SZABÓ 2011, GONDÁRNÉ *et al.* 2011). Az egri termálvizek élővilága azonban nem túlságosan kutatott terület, csak kevés írásos adat áll rendelkezésünkre. WIESINGER MÁRTON (1948) munkájában említi a betelepített halfajokat: guppy (*Lebistes reticulatus*), mexikói kardfarkú hal (*Xiphophorus helleri*), jukatáni fogasponty (*Mollienesi sphenops*), vitorlás fogasponty (*Mollienesia vellifera*). LUKÁCS

DEZSŐ (1950) termálvizekre vonatkozó kutatásában találkozhatunk egy másik nem őshonos fajjal a foltos planáriával (*Dugesia tigrina*), mely észak-amerikai eredetű. Puhatestűek tekintetében egy idegenhonos fajról tesz említést, a jövevény hólyagcsigáról (*Haitia acuta*), melyet tömegesen fordul elő vízi növényeken és köveken. Ezen kívül fellelhető itt két védett csigafaj is, az első a melegvizi kis szurokcsiga (*Fagotia accicularis* var. *Audebardi Prévost*), mely a Pannon-tó egy maradványfaja a második, pedig a kúpos kerekszájú csiga (*Borysthenia naticina*). Világszerte tapasztalható folyamat, hogy egyre több az idegen fajok száma, melyeket az ember véletlenül, illetve szándékosan terjeszt, Európában például ez a szám 11.000 felett van (DAISIE).

Az egri melegvizek egy-egy idegenhonos faj számára ideális élőhelyet nyújthatnak, illetve terjedésük kiindulási pontjaként szolgálhatnak. Esetenként ezek az egzotikus fajok akár kiszoríthatják élőhelyükről endemikus fajainkat. Vizsgálatom célja az itt élő puhatestű fajok meghatározása volt és annak felmérése, hogy milyen arányban vannak jelen az idegenhonos fajok az őshonosokkal szemben ezekben a vizekben. Ezen kívül megtalálom e, a szakirodalom által említett két védett csigafajt.

### Mintavételi terület

Az egri karsztforrások vizét többek között Eger Termál Kft. szolgáltatásában lévő Egri strand használja föl. A strand mellett, mely az Érsekkert szélén található, közvetlenül folyik az Eger-patak. A patak e szakaszán termálvizes „kifolyók” helyezkednek el sorban, egymás után és öntik meleg vizüket a patakba. Ebből kettő szolgált mintavételi helyül (I. és II. mintavételi hely), a harmadik (III. mintavételi hely) pedig a forrásoktól távolabb az Érsekkert déli részét határoló Hadnagy úti híd előtti részen található.



**Fent:** I. mintavételi hely (északi szélesség:  $47^{\circ} 53' 52.6''$  N, keleti hosszúság:  $20^{\circ} 22' 52.1''$  E),  
**középen:** II. mintavételi hely (északi szélesség:  $47^{\circ} 53' 48''$  N, keleti hosszúság:  $20^{\circ} 22' 55.8''$  E),  
**lent:** III. mintavételi hely (északi szélesség:  $47^{\circ} 53' 42''$  N, keleti hosszúság:  $20^{\circ} 23' 0.4''$  E)

### Anyag és módszer

A mennyiségi mintavétel 2013.12.07-től 2014.01.25-ig tartott, heti rendszerességgel, 3 kijelölt mintavételi ponton.

Az állatok begyűjtését a 2006-ban jóváhagyott, a Nemzeti Biodiverzitás monitorozó Rendszer (NBmR) keretében kidolgozott protokoll alapján hajtottam végre. Ezen belül is az európai uniós támogatással létrejött STAR projektben kifejlesztett AQEM-program alapján a „kick and sweep” módszert alkalmaztam. A vízi makrogerinctelenek e módszer szerinti gyűjtése a víz medrének lábball történő bolygatásán, felkavarásán és összehálózásán alapuló keverő-hálózó mintavétel, amelyet szabványosított nyeles háló segítségével kell végezni. A 25 cm x 25 cm-es fémkeretre szerelt háló szembősége 1 mm. A hálóval kiemelt állatok és törmelék tekinthető egy mintavételi egységnek (replikátumnak), ami a 25 cm x 25 cm-es területről gyűjtött mintát adja (Csányi *et al.* 2012, Juhász *et al.* 2005).

A hálóba került mintákat egy tálcán válogattam szét a helyszínen, amelyik élőlényt nem sikerült helyben meghatároznom, azt felcímkézve, 70%-os etanolban tartósítottam. Ezeknek a mintáknak a feldolgozása laboratóriumi körülmények között történt határozókulcsok (KRISKA 2008; RICHNOVSZKY ÉS PINTÉR 1979; SOÓS 1943) segítségével. Minden mintavételi helyen sor került oldott oxigén- és hőmérsékletmérésre.

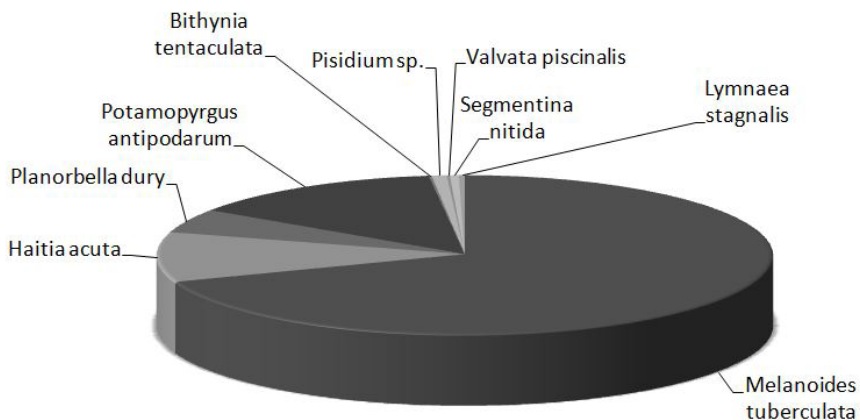
## Eredmények

A mintavételi területeken összesen 9 puhatestű fajt, mely 8 családba tartozik és 633 egyedet találtam.

| Név                             | Család             | Származás                            | I. mintavételi hely | II. mintavételi hely | III. mintavételi hely | Összes |
|---------------------------------|--------------------|--------------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|--------|
| <i>Haitia acuta</i>             | <i>Physidae</i>    | Észak- Amerika<br>északnyugati része | 8                   | 56                   | 0                     | 64     |
| <i>Melanoides tuberculata</i>   | <i>Thiaridae</i>   | Kelet- Afrika,<br>Nyugat- Ázsia      | 47                  | 392                  | 0                     | 439    |
| <i>Planorbella dury</i>         | <i>Planorbidae</i> | Észak- Amerika<br>középső része      | 30                  | 1                    | 0                     | 31     |
| <i>Potamopyrgus antipodarum</i> | <i>Hydrobiidae</i> | Új-Zéland                            | 52                  | 35                   | 0                     | 87     |
| <i>Bithynia tentaculata</i>     | <i>Bithyniidae</i> | <b>Óshonos</b>                       | 0                   | 1                    | 0                     | 1      |
| <i>Lymnaea stagnalis</i>        | <i>Limnaeidae</i>  | <b>Óshonos</b>                       | 0                   | 0                    | 2                     | 2      |
| <i>Pisidium sp.</i>             | <i>Sphaeriidae</i> | <b>Óshonos</b>                       | 3                   | 2                    | 0                     | 5      |
| <i>Segmentina nitida</i>        | <i>Planorbidae</i> | <b>Óshonos</b>                       | 1                   | 2                    | 0                     | 3      |
| <i>Valvata piscinalis</i>       | <i>Valvatidae</i>  | <b>Óshonos</b>                       | 0                   | 1                    | 0                     | 1      |
| <b>Össz- egyedszám</b>          |                    |                                      | 141                 | 490                  | 2                     | 633    |

1. táblázat: A kimutatott Mollusca taxonok eredete és egyedszáma a különböző mintavételi helyeken

A leggyakoribb faj (69,4%) a *Melanooides tuberculata* volt (1. ábra), ami az összes egyedszám több mint két harmadát adta. Ezt a *Potamopyrgus antipodarum* (13,7%), a *Haitia acuta* (10,1%), és a *Planorbella duryi* (4,9%) követte, a többi taxon gyakorisága 1% alatt volt.

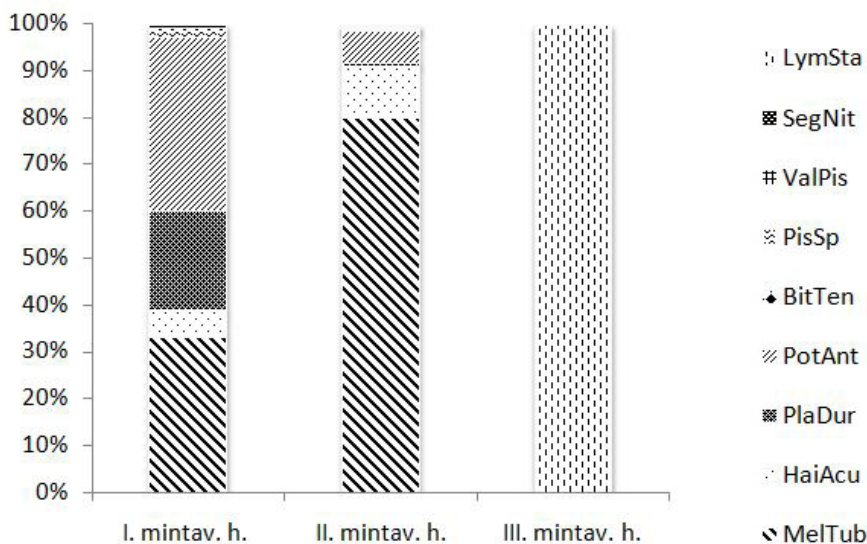


1. ábra: Mollusca taxonok relatív gyakorisága egri termálvizekben

Ahogy azt az 1. ábra mutatja, az idegenhonos fajok sokkal gyakoribbak. Összesített arányuk 98,1%, a leggyakoribb négy faj ebbe a csoportba tartozik. Többségük Magyarország különböző víztípusaiban előfordul, a Dunában például három az Eger-patakból kimutatott faj is él (BÓDIS *et al.* 2012).

### Puhatestű-közösségek összehasonlítása az élőhelyek között

Az I. mintavételi helyen 6, a II. helyen 8, míg a III. mintavételi helyen csak 1 faj volt megtalálható.



2. ábra: Mollusca taxonok relatív gyakorisága a bárom mintavételi területen

Az I. mintavételi helyen egyetlen faj sem abszolút domináns. Ennek oka a mintavételi hely komplex élőhely szerkezete lehet. Több habitat típus található itt egy helyen: vizinövényzet, nagyobb kövek, kavicsos, homokos és iszapos aljzat. Ez kedvez a puhatestű fajok előfordulásának, hiszen a puhatestűek többsége nagyfokú élőhely preferenciával jellemezhető.

Az első mintavételi hely, mind a patakban, mind pedig a kifolyónál valamivel nagyobb oldott oxigén értéket mutat, a víz sekélyebb, a kifolyó termálvíz nagyobb területen terül szét, hamarabb átkeveredik a patak vizével. Ezen a területen még a kisebb terjeszkedő képességgel rendelkező *Planorbella duryi* (POINTER *et al.* 2005) is képes megtelepedni. A *Potamopyrgus antipodarum* található itt még nagy számban, a melegvizes területek szegélyében. Ez a faj képes zavart élőhelyeken is megélni, jól tűri a magas tápanyagtartalmat és az eliszaposodást is. Nagy tűrőképességének köszönhető a kiemelkedő egyed-száma (ALONSO & CASTRO-DIÉZ 2008). A III. mintavételi helyen csupán egy fajt találtam, a nagy mocsáricsigát (*Lymnea stagnalis*), ez valószínűleg a téli mintavételi időszak, nagyobb vízmélység, kisebb oxigéntartalom eredménye. Életmódját tekintve a homokos, iszapos aljzat és sok szerves hordalék, mely táplálékul szolgál, kedvez számára (IUCN RED LIST).

Az I. mintavételi hellyel szemben a II. mintavételi helyen a *Melanooides tuberculata* egyértelműen domináns faj, előfordulási aránya csaknem 80%. Ezen a mintavételi helyen nagyobb arányban finom kavicsos, homokos, iszapos aljzat dominál, kevés vizinövény is előfordul. Ez a *Melanooides tuberculata* számára kedvez, mivel életmódját tekintve a puhább aljzatba ássák be magukat és itt keresik a táplálékukat. A *Melanooides tuberculata* nagyfokú kolonizáló képességgel rendelkezik, ezt bizonyítja, hogy világszerte egyre jobban terjeszkedik. Ezen kívül más csigákkal szemben nagyobb kompetíciós képességgel bír, erre bizonyíték, hogy több helyen (Karib-szigetek, Martinique-sz., Guadeloupe) különböző vérmétegy terjesztő tányércsiga fajok (*Biomphalaria* sp.) terjedését korlátozták a betelepítésükkel, sőt azok eltűnését is okozták. Laboratóriumi kísérletek kimutatták, hogy más csigák a maláj tornyoscsigával szemben, mélyebb és kisebb oxigéntartalmú vízben nagy hátrányban vannak (POINTER *et al.* 1989; FOUAD *et al.* 2010).

### Összefoglalás

A nagy valószínűséggel akvaristák által behurcolt idegenhonos fajok kiemelkedően nagy arányban találhatóak meg a vizsgált területen. A szakirodalom által említett két védett csigafajt nem sikerült kimutatnom (LUKÁCS 1950; WIESINGER 1948). Az általam talált őshonos taxonok (*Bithynia tentaculata*, *Valvata piscinalis*, *Segmentina nitida*, *Lymnaea stagnalis*, *Pisidium* sp.) egyike sem védett. Az idegenhonos fajokhoz képest rendkívül alacsony egyedszámuk különösen fontossá teszi a tárgyalt vizsgálatok időbeli és térbeli kiterjesztését, folytatását.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- ALONSO, A. & CASTRO-DIÉZ, P. (2008) What explains the invading success of the aquatic mud snail *Potamopyrgus antipodarum* (Hydrobiidae, Mollusca)? *Hydrobiologia* 614: 107–116.
- BÓDIS E, BORZA P, POTYÓ I, PUKY M, WEIPERTH A, GUTI G (2012): Invasive mollusc, crustacean, fish and reptile species along the Hungarian stretch of the River Danube and some connected waters. *Acta Zool Acad Sci Hung* 58:29–45
- CSÁNYI B, SZEKERES J, ZAGYVA A, VÁRBÍRÓ G (2012): Vizi makrogerinctelen módszertani útmutató, Magyar Tudományos Akadémia Ökológiai Kutatóközpont Balatoni Lim-



- nológiai Intézet Tisza-kutató Osztály, Budapest, 7-14.
- DAISIE: <http://www.europe-aliens.org/>
- FOUAD YOUSIF; ABDALLA IBRAHIM; SAMIA EL BARDICY; SETAITA SLEEM; MAGDA AYOUB  
2010: Egypt J. Aquat. Biol. & Fish., Vol.14, No.2: 69-78 (2010) ISSN 1110 – 1131
- GONDÁRNÉ SEREGI K – GONDÁR K – KÖNCZÖL NNÉ- KUN É- SZÉKVÖLGYI K - ZACHAR J  
(2011): Az egeri gyógyforrások hidrogeológiai viszonyai, Magyar Hidrológiai Társaság XXIX. Országos Vándorgyűlés Tanulmánykötet, Eger
- IUCN RED LIST: <http://www.iucnredlist.org/>
- JUHÁSZ P, KISS B, KOVÁCS T, MÜLLER Z, AMBRUS A (2005): Nemzeti Biodiverzitás monitorozó Rendszer (NBmR) keretében a vízi makrószkópikus gerinctelen szervezetek mintavételi és értékelési protokollja, Debrecen 17-21.
- KRISKA GY (2008): Édesvízi gerinctelen állatok határozó, Nemzeti Tankönyvkiadó
- LUKÁCS, D. (1950): Adatok az egeri melegvizek állatföldrajzi és állatökológiai viszonyaihoz.-  
30. 451-456. Hidrológiai közlöny
- POINTIER JP, McCULLOUGH F (1989): Biological control of the snail hosts of *Schistosoma mansoni* in the Caribbean area using *Thiara* spp., *Acta tropica* 46:3 1989 May pg 147-55
- POINTIER JP, DAVID P, JARNE P. (2005): Biological invasions: the case of planorbid snails. *Journal of Helminthol.* ;79:249–256. DOI: 10.1079/JOH2005292
- RICHNOVSZKY, A. – PINTÉR L. (1979): A vízicsigák és kagylók (Mollusca) kishatározója. In: *Vízügyi Hidrológia* 6, Szerk.: Felföldy L. VIZDOK, Budapest, 206 pp
- Soós L (1943): A Kárpát-medence Mollusca-faunája. – In: *Magyarország Természetrája* I. 478 pp. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest
- SZABÓ T (2011): Eger város ásvány- és gyógyvizeinek bemutatása, felhasználásuk In: *A Miskolci Egyetem közleményei. A sorozat Bányászat*, ISSN 1417-5398, 81. köt. 185. old.
- WIESINGER, M. (1948): Elevenszülő fogaspontyok (Poecillidae) előfordulása hazánkban. Bp. 4. és 7. o



# A KÁCSI LANGYOS-FORRÁS MALAKOFAUNÁJÁNAK VIZSGÁLATA

ÖTVÖS SÁNDOR<sup>1</sup> – FÜKÖH LEVENTE<sup>2</sup> – VARGA JÁNOS<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mezőnyárád, Szent István király út 98. 3421, <sup>2</sup>Nyugalmazott múzeumigazgató  
MTM Mátra Múzeum, <sup>3</sup>Eszterházy Károly Egyetem, Biológiai Intézet, Állattani tanszék.  
E-mail: otvossandor79@freemail.hu

**Abstract:** The authors carried out malacological investigations continuously during the last decade in the hypothermal spring of Kács (SE Bükk Mts., Hungary). The goal of these investigations was to reveal the ecological demands of several protected molluscan species (*Theodoxus prevostianus*, *Fagotia acicularis*, *Bythinella pannonica*, *Bythinella thermophila*) and also their impacts on the environment.

## Bevezetés

A Kácsi-forrásterület közvetlen környezetéről számos kiváló földtani, *hidrogeológiai* tanulmányokból kaphatunk értékes információkat (Schulhoff, Ö. 1957, Almássy, B. és mtsai. 1967, Savanyú, K. és mtsai. 1986, Lénárt, L. 2000), de a források *malakofaunájáról* csak viszonylag kevés számú publikáció készült az elmúlt évtizedek során. Közülük viszont külön is említést érdemel, hogy Glöer, P. – Varga, A. – Mrkvicka, A. (2015) *Bythinella thermophila* néven a tudomány számára is új fajt írt le a Kácsi-források területéről.

A Kácsi-forrásterület egykor jelentős gyógyfüves fürdőkultúrája, sajnos már nyomokban sem idézi egykori mivoltát, pusztán az itt található Bencés-kolostor épülete jelzi annak múltidéző hangulatát. Az épület előtti kút aljában eredő langyos-forrás, valamint az 1970-es években forrásfoglalással közüzemi ivóvízellátó-rendszerbe kötött hideg-forrás – illetve összefolyásuk – néhány száz méteres szakasza szolgál: a fekete bődöncsiga – *Theodoxus pre-*

*prevostianus* C. Pfeiffer, 1828, a folyamcsiga – *Fagotia acicularis*,<sup>1</sup> a tornai patakcsiga – *Bythinella pannonica*<sup>2</sup> von Frauenfeld, 1865, és a kácsi patakcsiga – *Bythinella thermophila* Glöer, Varga & Mrkvicka, 2015<sup>3</sup> élőhelyéül.

Az elmúlt tíz évben, elsőként a Kácsi-forrásterület vízfolyásainak különböző zónáiban előforduló *malakofauna* összetételét vizsgáltuk (Varga, J. és mtsai. 2006). Ezt követően a fekete bődöncsigának egy adott méretű mesterséges felületre vonatkoztatott benépesítési intenzitását mértük fel (Varga, J. és mtsai. 2007). Vizsgáltuk továbbá a Kácsi-forrásterület *hidroökológiai* viszonyait, vízáramlási mutatóit, az egyes fajok által leginkább *preferált* víz-hőmérsékleti tartományokat. Tájékozódó jelleggel elemeztük a védett csigafajok mesterségesen kialakított, eltérő víz-hőmérsékletű élőhelyekre történő áttelepítésre adott válaszreakcióit, térbeli- és egyedszám-eloszlásuk változásait (Ötvös, S. és mtsai. 2011). Vizsgálati eredményeinkre alapozva javaslatokkal élünk az Kácsi-forrásterület élőhely-rekonstrukciójára vonatkozóan is (Fűköh, L. mtsai. 2013). Újabban fejlődéstörténeti és környezet-rekonstrukciós céllal *fosszilis, kvartermalakológiai* vizsgálatokat is végzünk a Kácsi-patak mentén.

Kevés olyan *hipotermális* kisvízfolyás található ma Magyarországon, mely *malakológiai* szempontból több védett faj számára is kedvező életteret nyújt a megtelepedéshez, továbbá emellett, egy olyan lehetséges „létfenntartó” rendszer kialakításáról tanúskodik, mely az érintett fajok viselkedésében kifejezetten egymásra utaló alkalmazkodó-képességet is jelöl, mely részben fennmaradásuk kulcsa is lehet.

Ismeretes, hogy a *F. acicularis* jellemző kísérfaja a *Th. prevostianusnak*. Ezt a megállapítást támasztja alá, hogy napjainkban ismert (fennmaradt) élőhelyeiken is, majdnem mindenhol együtt fordulnak elő, sőt az egykori *Th. prevostianus* lelőhelyek üledékvizsgálatai során is gyakran számoltak be a kutatók a közös jelenlétükről az őslénytani *malakofaunából* (Fűköh, L. 2012, Sümegei, P. 1999, Krolopp, E. 1985).

1 Rendszertani besorolása nem egységes (Fűköh, L. - Ötvös, S. 2013). melegvizekben előforduló változatai *Fagotia daudebartii thermalis*, újabb *Esperiana daudebartii* néven is ismert

2 Korábban *Sadleriana pannonica* (von Frauenfeld, 1865) 2002 óta a *Bythinella* genusba sorolják.

3 A Kácsi-forrásterületen felfedezett és leírt új édesvízi csigafaj <http://www.bagniliggia.it/WMSD/HtmFamily/BYTH>

A szakirodalmi adatok és saját vizsgálataink alapján, ezért érdemesnek találtuk áttekinteni a két faj egymásra gyakorolt ökológiai hatásait, melyet a korábbi vizsgálatainkhoz híven, az az élőhely térbeli szerkezetének változása és az egyedszámok változása alapján kíséreltünk meg modellezni az idő függvényében.

A 2010-es év tavaszán, a kedvezőtlen meteorológiai és hidrogáfiai viszonyokat követően a Kácsi-patak egy kijelölt szakaszán végrehajtott, mederrekonstruktív munkálatok (a Kácsi-patak medrének kotrása), a *Th. prevostianus* drasztikus állománycsökkenését okozta. Ez lehetőséget biztosított arra, hogy a faj természetes visszatelepülését elősegítő vizsgálatokat végezzünk, és egyúttal pontosabb adatokat nyerjünk a *malakofauna* területfoglalási- és szaporodás-biológiai ismérveinek részletesebb megismerésére vonatkozóan is.

### Anyag és módszer

2010-ben a *Th. prevostianus* állománya a Kácsi területen jelentős mértékben lecsökkent. Ebben az évben, a szélsőségesen magas csapadéktöbblet hatására bekövetkezett hirtelen egyedszám csökkenés miatt csekély – a korábbi adatainkhoz mérten – igen alacsony egyedszám jellemezte a *Th. prevostianus* teljes kácsi állományát. A korábbi vizsgálatainkhoz képest, 2010-ben a fennmaradt fekete bödöncsiga állomány nagysága 1-2% -át sem érte el a korábban mért állomány nagyságnak (Varga, J. és mtsai. 2006, 2007). A *F. acicularis* egyedszám adataiban ugyanakkor nem tapasztaltunk jelentősebb csökkenést.

A 2010 áprilisában hirtelen érkezett, szélsőségesen nagy mennyiségű csapadékvíz jelentős része – a helyi domborzati viszonyok következtében – a Kácsi-forrásterület langyos-forráságában került levezetésre. Az így keletkezett víztöbblet, a partoldalakat megbontva – hordalékával együtt – a langyos-forráságban és/valamint a Kácsi-patak további szakaszain átlagosan 30 – 50 cm-es vastagságban ülepedett ki (ez indokolta a mederkostrási rekonstrukciós munkálatokat). A lerakódott iszap mennyiségét jól érzékelteti, hogy még napjainkban is (hat év elteltével), jelentős kiterjedésű, a teljes medret kitöltő – és továbbra is lassan beiszapolódó – szakaszokkal találkozhatunk a legtöbb helyen a patak térségében.

A 2010-es mederanyag változás (a mederkostrás eredményezte „élőhely leromlás”) nagyságát jól érzékelteti, hogy az egyes vizsgálati helyszínekre, a négy évvel korábban végzett felmérések során kihelyezett 25 × 25 cm-es

kvadrátkőlapok fölé – a kőlapok megóvása érdekében – kihelyezett védőke-  
retet, melyeket a mederbe mélyítve, a víz felszínétől 30 cm-re kiemelve he-  
lyeztünk el, teljesen eltűntek, s csak 10 – 15 cm mélyen találtuk meg eredeti  
állapotukban az iszap alatt.

A 2010-es állománycsökkenést követően megkezdett természetes vissza-  
települést elősegítő munkálatok a Kácsi-forráscsoport *Th. prevostianus* által  
leginkább *preferált* élőhelyre, a langyos vizű forrásra terjedtek ki. A megis-  
mételt állományfelmérést a 2006-ban is alkalmazott metodikára alapoztuk,  
vagyis egyedszámadatokat rögzítettünk a patakmederben elhelyezett, ezút-  
tal 20 darab nagyméretű kavicságyba fektetett köveken. A kihelyezett kövek  
egyrészt az áramlás által a mederben kialakított iszapos üledék megbontásá-  
ra, másrészt a fennmaradó *Th. prevostianus* állomány megfelelő életterének  
és megtelepedési (*kolonizációs*) sikerének biztosítására szolgáltak. A köveken  
megtelepedő csigák egyedszámát heti-kétheti időintervallumokban regisz-  
tráltuk. A kijelölt összes mérőhely benépesülését, a csigák területfoglalásának  
tendenciáját fajonként jegyzőkönyvben rögzítettük, valamint arról fotódoku-  
mentációt készítettünk.

### Vizsgálati eredmények

A helyzetértékelés, dokumentálás és az egyedszám csökkenés mértékének  
megállapítása után, némileg reménykeltő volt az a tény, hogy a langyos-for-  
ráságyba oldalról torkoló néhány érszerű forrást, nem mindenhol érintette az  
üledékkal való feltöltődés. Az egyik ilyen apró torkolati szakasz különösen  
biztató volt egy a sikeres újbóli megtelepedésüket elősegítő akcióterv kidol-  
gozásához (1. kép).



1. kép. A langyos-forráság üledékfeltöltődéssel kevésbé érintett torkolatai szakasza.

A kijelölt patak-szakaszon elsőként annak részleges megtisztítását és kövekkel való kitöltését végeztük el, melynek hatására a kijelölt szakaszon ismételen megtelepedett néhány *Theodoxus* és *Fagotia* egyed. Ezek után, a megtelepedett csigaállomány további terjeszkedéséhez kedvező életteret biztosítva, nagyméretű köveket helyeztünk el a langyos-forrás középső szakaszának bal oldalán, hogy a part menti növényeken megkapaszkodott egyedeknek is szilárd aljzatot tudjunk biztosítani (2. kép).



2. kép. A mesterségesen kialakított aljzatok langyos-forráság üledéktől megtisztított szakaszán



A kihelyezett köveken megtelepedett csigák egyedszám összehasonlítását nem célszerű elvégezni. A kihelyezett kövek ugyanis különböző nagyságúak, vagy éppen a mederbeli helyzeti viszonyukból fakadóan, környezetükben több csiga is életben maradhatott, így inkább érdemesebb a csigák területfoglalási tendenciáját értékelni.

Megjegyzendő, hogy minden egyes kő felülete többszörösen felülmúlja a 2006-os vizsgálat során használt 25 × 25 cm-es kvadrátok felületét. Ha mégis számokban kifejezve szeretnénk összehasonlítani egy-egy adott nagyságú felületen a változás arányait, mértékét, akkor elmondhatjuk, hogy míg az élőhelyre-konstrukciót, a mederrendezést megelőzően 400-600 darab fekete bödöncsiga népesített be egy kvadrátnyi területet, addig 2010-ben a visszatelepítési kísérletek során ez a szám már csak 15-30-ra csökkent (Ötvös, S. 2011).

Az első kontrollvizsgálat után (2010. VI. 26.) minden követ a folyásmeder közepén helyeztünk el, s regisztráltuk a megtelepedett egyedszámokat. (1. táblázat)

|                 | A Theodoxus prevostianus területfoglalási értékei egyedszámok alapján az összes vizsgálati ponton az első juvenilis egyedek megjelenéséig (db) |    |    |    |    |     |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |
|-----------------|--|----|----|----|----|-----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|
|                 | mérőhelyek   |    |    |    |    |     |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |
|                 | A  | B  | C  | D  | E  | F   | G  | H  | I   | J  | K  | L  | M  | N  | O  | P  | Q  | R  | S  | összesen |
| 2010. VI. 12.   | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -  | -  | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -        |
| 2010. VI. 26.   | 59   | 19 | 48 | 21 | 36 | 20  | 25 | 16 | 25  | 21 | 13 | 15 | 25 | 31 | 19 | 20 | 15 | 29 | 43 | 500      |
| 2010. VII. 3.   | 86   | 33 | 47 | 37 | 44 | 39  | 35 | 39 | 39  | 26 | 33 | 29 | 31 | 33 | 12 | 27 | 13 | 33 | 61 | 697      |
| 2010. VII. 17.  | 89   | 39 | 65 | 49 | 59 | 53  | 51 | 59 | 69  | 53 | 44 | 36 | 46 | 45 | 38 | 38 | 25 | 41 | 59 | 958      |
| 2010. VII. 31.  | 58   | 45 | 83 | 25 | 67 | 55  | 26 | 44 | 103 | 77 | 33 | 58 | 34 | 23 | 6  | 23 | 19 | 25 | 43 | 847      |
| 2010. VIII. 21. | 40   | 23 | 28 | 24 | 30 | 30  | 15 | 37 | 78  | 41 | 9  | 46 | 36 | 29 | 7  | 3  | 21 | 15 | 46 | 558      |
| 2010. IX. 4.    | 24   | 16 | 66 | 47 | 43 | 28  | 12 | 32 | 94  | 21 | 26 | 40 | 14 | 18 | 5  | 13 | 6  | 9  | 14 | 528      |
| 2010. IX. 17.   | 18   | 16 | 53 | 33 | 36 | 348 | 13 | 20 | 226 | 18 | 17 | 29 | 25 | 32 | 8  | 31 | 3  | 15 | 33 | 974      |

1. táblázat

Az ellenőrzés (kontroll) során, egy alkalommal nem tudtunk adatokat rögzíteni (2010. VI.12.), mert a patakmedret teljesen ellepte a bomló iszap. A kijelölt megfigyelőhelyeken, a további vizsgálatok során végig zavartalanul dokumentálhattuk adatainkat. Eredményeink azt mutatták, hogy mind a 19 mérőhelyen, a vizsgálati időciklusokban egy-egy fajon belül, szinte kivétel nélkül azonos tendenciák mutatkoznak.

A *Th. prevostianus* esetében a mérési intervallum elején folyamatos, lassú egyedszám növekedést rögzítettünk, ami minden mérőhely esetében a vizsgálati időszak közepére érte el telítettségi szintjét. Ismerve a kövek felszínének területnagyságát, az itt kapott egyedszámok arányait tekintve teljesen

megegyeznek az általunk várt, (a korábban 25 × 25 cm-es felszínű kvadrát-köveken mért) területfoglalás értékarányaival. Az 5. és 6. kontrollvizsgálat során (2010. VIII. 21. és IX. 4.) a meglepedési mutatók egy általános csökkenést mutatnak, de ilyen kis egyedszámoknál ezek a szórt értékek már nem értelmezhetők általános tendenciaként, nagyobb szerepe van ebben a víz üledékfelkavaró hatásának. Az utolsó megfigyelési időpont diagramgörbéjét jelentősen torzítja az a tény, hogy az „F” és „I” jelzetű mérőhelyeken – nagy örömkünkre – a tömeges szaporodás első jelei mutatkoztak, s csaknem duplájára emelkedett az összegyedszám.

A *F. acicularis* mennyiségi adatairól mindenképpen szükséges megjegyezni, hogy habár jelenléte tömeges a lelőhelyen, de egy érintetlen meder esetében is jóval elmarad egyedszáma a *Th. prevostianustól*. Számokban kifejezve a langyos ágba 2006-os értéken megadva a *Th. prevostianus* állománya kb. 1 000 000 egyedből állt, a *F. acicularis* populáció mérete ehhez képest nagyjából 1–3%-ra tehető.<sup>4</sup>

|                 | A <i>Fagotia acicularis</i> területfoglalási értékei egyedszámok alapján az összes vizsgálati ponton (db) |    |     |     |    |     |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |          |
|-----------------|---|----|-----|-----|----|-----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----------|
|                 | mérőhelyek  |    |     |     |    |     |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     | összesen |
|                 | A   | B  | C   | D   | E  | F   | G  | H  | I   | J  | K  | L  | M  | N  | O  | P  | Q  | R  | S   |          |
| 2010. VI. 12.   | -   | -  | -   | -   | -  | -   | -  | -  | -   | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -   | -        |
| 2010. VI. 26.   | 25  | 34 | 75  | 46  | 15 | 35  | 15 | 58 | 116 | 15 | 21 | 15 | 9  | 22 | 1  | 6  | 13 | 27 | 26  | 574      |
| 2010. VII. 3.   | 44  | 80 | 151 | 109 | 57 | 111 | 67 | 85 | 168 | 46 | 56 | 53 | 44 | 50 | 14 | 30 | 30 | 56 | 102 | 1353     |
| 2010. VII. 17.  | 28  | 34 | 122 | 99  | 68 | 83  | 39 | 41 | 178 | 38 | 25 | 25 | 38 | 29 | 19 | 37 | 37 | 43 | 89  | 1072     |
| 2010. VII. 31.  | 22  | 20 | 31  | 16  | 66 | 46  | 13 | 21 | 71  | 68 | 44 | 46 | 48 | 3  | 10 | 23 | 27 | 11 | 41  | 627      |
| 2010. VIII. 21. | 10  | 15 | 18  | 6   | 7  | 23  | -  | 2  | 31  | 10 | 7  | 11 | 10 | 18 | 15 | -  | 21 | 3  | 39  | 246      |
| 2010. IX. 4.    | 11  | 2  | 10  | 11  | 19 | 10  | -  | 6  | 33  | 7  | 26 | 22 | 20 | 13 | 17 | 31 | 1  | -  | 5   | 244      |
| 2010. IX. 17.   | 5   | 8  | 15  | 12  | 8  | 15  | 3  | 5  | 29  | 6  | 23 | 13 | 17 | 13 | 13 | 23 | -  | -  | 7   | 215      |

2. táblázat

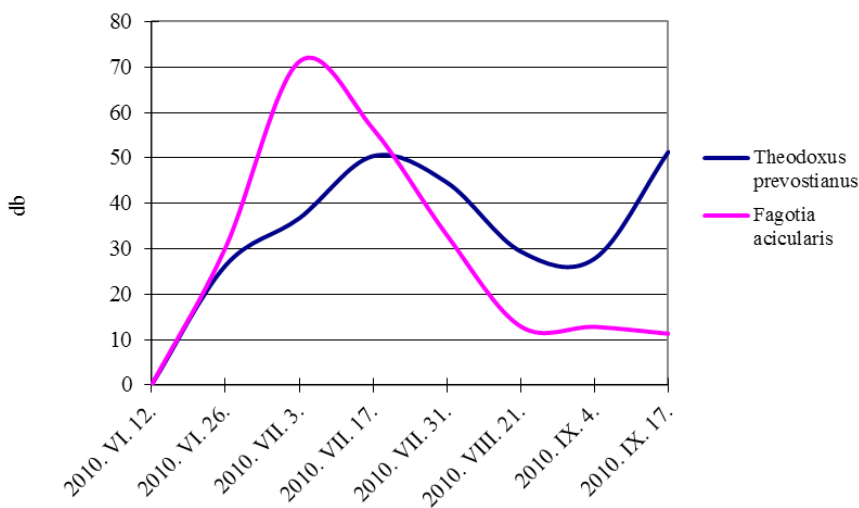
A táblázatban szereplő adatokból arra következtetünk, hogy ennél a fajnál nem okozott komolyabb egyedszám-csökkenést a mederanyag mennyiségének és milyenségének a megváltozása. A jegyzőkönyvi adatok azt mutatták, hogy ez a csigafaj néhány kivételtől eltekintve egy héttel korábban (2010. VII. 3.) érte el telítettségi szintjét a köveken, s ezt követően a vizsgálati időszak végéig folyamatos csökkenő tendenciát mutat (2. táblázat).

4 Ez az érték csak a langyos-forrásra értendő, a hideg vizű ágba más tendenciák dominálnak.

Ha a két faj területfoglalási *intenzitását*, az egyedszámok átlaga alapján egy összesített diagramon ábrázolva vizsgáljuk elmondható (1. ábra), hogy az első kontroll vizsgálatig nagyjából azonos ütemben halad a két csigafaj szilárd felületen történő megkapaszkodása. A vizsgálati időszak első harmadára a *F. acicularis* egyedszáma közel kétszer több, mint a *Th. prevostianus* egyedszáma, s eléri telítettségi szintjét.

A *Th. prevostianus* egy lassúbb, de határozott benépesítési görbét mutat. A vizsgálati időszak felénél már nagyobb számban e faj birtokolja a szabad felületek jelentős részét. A ciklus utolsó harmadában a kövek méretétől függően mindkét faj egyedszáma beáll egy általános szintre. Itt újra kihangsúlyozzuk, hogy a *Th. prevostianus* esetében, a szeptember 17-ei időpontmérés adatai már szaporodásból származó egyedeket is tartalmaznak, így ez torzítja a diagram görbéjét, s talán a valós egyedszámok érdekében, érdemesebb az utolsó előtti vizsgálati időpontot (2010. IX. 4.) értelmezni általános tendenciaként.

A két csigafaj területfoglalási tendenciája az egyedszámok átlaga alapján



1. diagram

Ha feltételezzük, hogy a benépesíthető felületek nagyságától függetlenül mindenhol, nagyjából azonos területfoglalási tendenciák mutatkoznak, akkor érdemes összehasonlítani a 2006-ban, kiegyensúlyozott körülmények

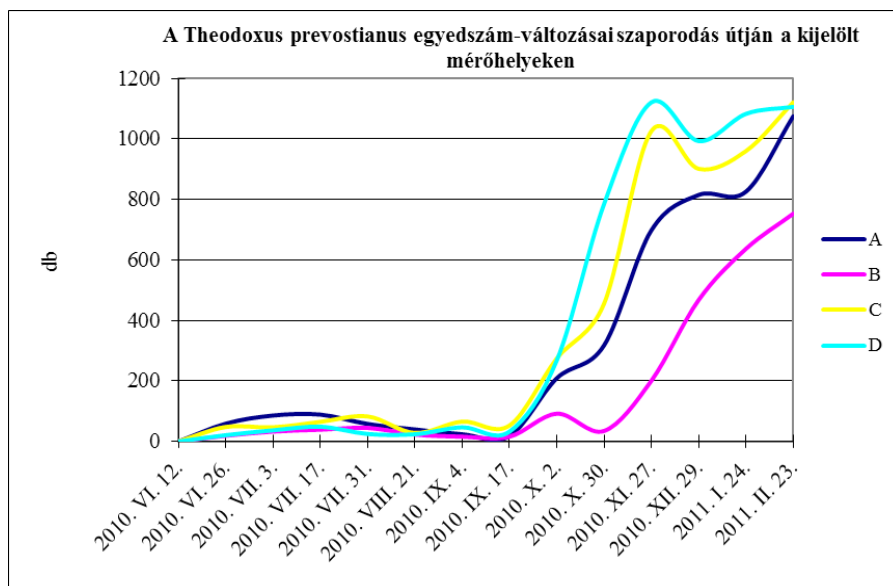


között történt területfoglalást és egy megváltozott bolygatott élőhely (esetünkben a mederanyag változása) fajonkénti egyedszámainak változó arányait. Eredményül azt kaptuk, hogy míg 2006-ban az egész vizsgálati időszak alatt (februártól – májusig) a *F. acicularisok* egyedszáma szinte végig 1–4 között mozgott, a *Th. prevostianusé* dinamikusan emelkedett (legtöbb 603 egyed), addig a 2010-ben történt újra vizsgálat során a vizsgálati mérőhelyek mindegyikén több 10, helyenként száz *Fagotia* telepedett meg. Következtetéseink szerint ez a *Th. prevostianus* alacsony egyedszámának volt köszönhető, s mindaddig tartott, míg a fennmaradt fekete bődöncsigák el nem érték kísérleti célból kirakott kövek szilárd felületeit, s fokozatosan növekvő egyedszámban meg nem telepedtek, s el nem kezdtek szaporodni ott.



3. kép. A vizsgált csigafajok megtelepedése a mederbe mesterségesen lehelyezett kövek felszínén

A *Th. prevostianus* szaporodásának kezdeti eredményeiről: A további vizsgálati időpontokban az egyedszám emelkedését már a szaporodásnak köszönhetjük. Októbertől kezdve, minden egyes mérőponton, kivétel nélkül igen nagy számban fiatal bődöncsigákat figyeltünk meg. A *juvenilis* egyedek regisztrálását ezután már igen nehezen tudtuk megoldani, ezért a továbbiakban négy kiválasztott kövön (A, B, C, D jelöléssel) folytattuk a digitális fotókról történő adatértékelést (2. ábra).



2. ábra

A 2011-es év februárjában már a kövek felületén közel 750-1200 db-os egyedszámokat, míg a teljes 19 vizsgálati helyszín összesített értékei alapján nagyjából 15000-17000 db *Th. prevostianus* egyedet tudtunk rögzíteni, mely a legkisebb becslések alapján is, több mint 20-szoros egyedszám növekedést jelentett.

2016-ra becsléseink szerint, 220000 – 250000 egyed él a Kácsi langyos-forráságban, ami jelen állapotában megközelíti telítettségi szintjét, ugyanis a beiszapolódás miatt szinte már alig van szabad felület a csigák számára. Jelenleg a langyos-forrás első 60 méterén csak az általunk kihelyezett köveken, míg az utolsó 40 méteren helyenként a lerakódott iszaptól természetes körülmények között megtisztult szakaszokon regisztrálhatjuk jelenlétüket.

A benépesíthető felületek növelése érdekében, egy második akciótervet készítettünk a sikeres szaporodás lehetőségének biztosításához. Sajnos a terület hidrológiai adottságaiból fakadó problémák a továbbiakban is veszélyforrásként kezelendők, vagyis a fent említett nagy mennyiségű csapadék utáni kiülepedés lehetősége jelenleg is fennáll.

A témában részletesebb szaporodásbiológiai eredményeinket a későbbiekben közöljük.

## Összegzés

Az elmúlt 10 évben végzett vizsgálatainkból megállapítható, hogy a a Kácsi-forrásterületen a *Th. prevostianus* számára elengedhetetlen a szilárd felületen (köveken, vízi növényeken) történő magkapaszkodás. Ezzel szemben a *F. acicularis* inkább – de nem kizárólagosan – a finomhordalékos mederanyag „lakója” és inkább, az iszapos fenék- és parti zónákat részesíti előnyben (vagy ezekre a helyekre szorul vissza).

A Kácsi-forrásterület langyos vízű forrásának fizikai-kémiai tulajdonságai, megfelelő ökológiai körülményeket biztosítanak a *Th. prevostianus* és a *F. acicularis* édesvízi csigafajok számára. Időnként, azonban, a kedvezőtlen – elsősorban külső – környezeti változások (megnövekedett csapadék következtében eliszaposodás, mederfeltöltődés stb.) hatására állományuk, alkalmanként jelentős károkat szenvedhet.

Az időszakosan előforduló, kedvezőtlen állománycsökkenés megfordítható. A fajok újbóli megtelepedése átgondolt és tervezett élőhely-rekonstrukciós munkálatokkal elősegíthető, de míg a csapadékvíz elvezetésének kontrollált körülményei nem valósulnak meg, addig maga az élőhely környezete is generálhat instabil feltételeket.

A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a *Th. prevostianus*, az elmúlt 10 évben jelentős egyedszám változásokon ment keresztül. A faj kedvező szaporodási készségének köszönhetően, a populáció mérete a 2010-es jelentős mértékű állománycsökkenést követően, ismét növekvő tendenciát mutat, de eredeti (2010 előtti) állomány nagyságát a forrás-szakasz beiszapolódása miatt, még hat év eltelte után sem érte el. Napjainkban állományának nagyobb része, az újretelepülésüket elősegítő kísérletek céljára kiépített mérőhelyek köveinek felületén, s néhány kisebb természetes körülmények közt megtisztult szakaszon fordul elő.

A *F. acicularis* egyedszámaiban nem tapasztaltunk jelentősebb változást, viszont véleményünk szerint, a *Th. prevostianus* hiánya nagyobb mozgásteret (szabad élőhelyfoltokat) biztosított számára a szilárd felületeken (köveken) való megtelepedéshez is.

Összességében elmondható, hogy szembetűnő élőhelymegosztás jellemzi mindkét faj viselkedését, s egymás-, illetve környezetük iránti alkalmazkodó-képességük a megváltozott körülmények között is igen jól funkcionál.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- ALMÁSSY, B. - SCHEUER, GY. (1967): A Kács–Sályi források vízföldtani viszonyai. Hidrológiai Tájékoztató, 7. évf., 1. sz., pp. 72–76.
- FEHÉR, Z. - VARGA, A. - DELI, T. - DOMOKOS, T. - SZABÓ, K. - BOZSÓ, M. - PÉNZES, ZS. (2007): Filogenetikai vizsgálatok védett puhatestűeken. In: Forró, L. (szerk.): A Kárpát-medence állatvilágának kialakulása: A Kárpát-medence állattani értékei és faunájának kialakulása. Budapest, Magyar Természettudományi Múzeum, pp. 183–200.
- FEHÉR, Z. - MAJOROS, G. - ÖTVÖS, S. - SÓLYMOS, P. (2011): Proposed re-introduction of the endangered black nerite (*Theodoxus prevostianus*, Mollusca, Neritidae) in Hungary. Tentacle 19., pp. 36–39.
- FŰKÖH, L. (1996): Kvartermalakovológiai vizsgálatok a Mátra és a Bükk déli előterében. – Malakovológiai Tájékoztató, 15: 29–40.
- FŰKÖH, L. (2012): Adatok az egri édesvízi mészkő üledékek pleisztocén Mollusca-faunájához. - Malakovológiai Tájékoztató, 30: 21–30.
- FŰKÖH, L. - ÖTVÖS, S. (2013): A fekete bödöncsiga. Természet Világa, 144. évf., 10. sz., pp. 457–460.
- GLÖER, P. - VARGA, A. - MRKVIČKA, A. (2015): Enigmatic *Bythinella* species in Bükk Mountains with the description of *Bythinella thermophila* n. sp. (Gastropoda: Amnicolidae). Ecologica Montenegrina 3: 40–45.
- KORMOS, T. (1905A): A Püspökfürdő hévízi faunájának eredete (Über den Ursprung der Thermenfauna von Püspökfürdő). – Földtani Közlöny, 35: 375–402.(421–450).
- KORMOS, T. (1905B): A püspökfürdői és tatai Neritinák kérdéséhez. – Állattani Közlemények, 4: 39–44.
- KROLOPP, E. (1973): Quaternary malacology in Hungary. Földrajzi Közlemények, 21: 161–171.
- KROLOPP, E. (1983): Biostratigraphic division of Hungarian Pleistocene formations according to their mollusc fauna. Acta Geologica Hungarica, 26:69–82.
- KROLOPP, E. (1985): Az egri édesvízi mészkő rétegsor pleisztocén Mollusca-faunája. – Malakovológiai Tájékoztató, 5: 5–8.
- LÉNÁRT, L. (2000): A kácsi Tükör-fürdő forrásának és környezetének hidrogeológiai vizsgálata. Karsztvízgazda BT, Miskolc, pp. 1–25.
- LUKÁCS, D. (1959): A Bükk-hegységi langyos vizek állatainak ökológiai viszonyai (Kácsfürdő vizeinek rheobiológiai vizsgálata). – Akadémiai mf., pp. 125–126.
- PINTÉR, L. - SUARA, R. (2004): Magyarországi puhatestűek katalógusa hazai malakovológusok gyűjtései alapján [Catalogue of the Hungarian molluscs based on the collectings of Hungarian malacologists]. – in: Fehér, Z. & Gubányi, A. (eds.): A magyarországi puhatestűek elterjedése [Distribution of the Hungarian molluscs] II. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, p. 1–547.
- SAVANYÚ, K. - JUHÁSZ, J. - LÉNÁRT, L. (1986): Déli-bükki karsztforrások védőidom vizsgálata. – NME Közleményei, Miskolc, 1. Sorozat, Bányászat, 33. kötet, 1–4 füzet, pp. 15–23.

- SCHULHOFF, Ö. (1957): Magyarország ásvány- és gyógyvizei. – Akadémiai Kiadó, Bp., p. 269.
- SÍRBU, I. - BENEDEK, A. M. (2009): The extinction of *Theodoxus prevostianus* (C. Pfeiffer, 1828) (Mollusca: Gastropoda: Neritidae) in Romania. *Tentacle*, 17: 19-21.
- SOÓS, L. (1943): A Kárpát-medence Mollusca faunája. – Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, p: 1–478.
- SÓLYMOS, P. - FEHÉR, Z. (2003): Ritkaság, fajgazdagság és forró pontok a hazai csigafaunában. *Magyar Ökológus Kongresszus*.
- SÜMEGI, P. (1999): Jelentés a püspökfürdőn végzett geológiai és őslénytani munka eredményeiről. OTKA beszámoló, Debreceni Egyetem, Földtani és Őslénytani Tanszék.
- ÖTVÖS S., VARGA J. (2011): *Theodoxus prevostianus* C. Pfeiffer, 1828 hidroökológiai viszonyainak változása a kácsi élőhelyen. *Malakológiai Tájékoztató* 29.
- VARGA, A. - FÜKÖH, L. - KROLOPP, E. (2005): Magyar Malakológiai Bibliográfia (1727–2004). – *Malakológiai Tájékoztató*, 23: 5–129.
- VARGA, J. - VARGA, A. - ÖTVÖS, S.-FÜKÖH, L. (2006): A Kácsi-források és a Kácsi-patak csigafaunájának újra vizsgálata. *Acta Academiae Paedagogicae Agriensis / Sectio Biologiae, Nova Series Tom. XXXIII.*, Eger, pp. 117–124.
- VARGA, J. - ÖTVÖS, S. - FÜKÖH, L. (2007): *Theodoxus Prevostianus* C. Pfeiffer, 1828 kácsi lelőhelyei. *Malakológiai Tájékoztató, Malacological Newsletter* 25: 95–101.
- VARGA, Z. (1989): Csigák. – In: Rakonczay, Z. (szerk.): *Vörös Könyv. A Magyarországon kipusztult és veszélyeztetett növény és állatfajok*. Budapest, p. 1–360. (177–178).
- VÁSÁRHELYI, I. (1956): Két relictum csigáról. *Miskolci Hermann Ottó Múzeum Közleményei*, 4. köt., pp. 47–48.



## EGER VÁROS HALFAUNÁJA

CSIPKÉS ROLAND<sup>1</sup> – FRISÓCZKI BENCE<sup>2</sup> – VARGA JÁNOS<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Hidrobiológus referens Bükk Nemzeti Park Igazgatóság, <sup>2</sup>Biológia BSc szakos hallgató<sup>3</sup>  
Eszterházy Károly Egyetem, Biológiai Intézet, Állattani Tanszék. E-mail: CsipkesR@bnpi.hu

**Abstract:** As the result of a survey carried out in the urban area of Eger 7 fish species have been collected in the Eger-patak. Most of them were native considering both the number of species and the number of individuals. Besides the two protected species, the stone loach (*Barbatula barbatula*) and the carpathian gudgeon (*Gobio carpathicus*), the presence of two invasive fish were also detected. These were the prussian carp (*Carassius gibelio*) and the stone moroko (*Pseudorasbora parva*) however the number of individuals of these taxa was negligible (only 0.1% of the whole sample). On two sampling sites of the downtown section of Eger-patak we observed remarkable setback in the number of species and individuals as well, which suggests significant environmental impact and poor habitat conditions.

### Bevezetés

Az Eger-patak Balaton község mellett ered a Bükk-hegység északnyugati oldalán, majd Eger városán és Nagytályán áthaladva Rima néven ömlik a Tisza-tóba. Vize természetes mederben folyik Szarvaskő és Almár között, Eger belterületén és a város alatt azonban jellemzően már szabályozott, sőt egyes szakaszokon kiépített betonozott mederben folyik. Az aljzat zömében köves-kavicsos, a lassabb sodrású mederszakaszokon iszapos foltokkal váltakozva.

A mederben és a partszakaszokon az *antropogén* hatások sok helyen szembevetődnek. A patakmeder városi részén a rézsű általában kaszált, helyenként azonban elszórt foltokban égerek és fűzfák szegélyezik a vízfolyást. A város-tól északra a meder jellemzően árnyékolt a természetes fás szárú növényzet

által, a torkolat felé haladva azonban egyre nagyobb arányban jelennek meg a lágyszárú özönfajok, többek között az agresszíven terjedő japánkeserűfű (*Fallopia japonica*) is.

Az Eger-patakra vonatkozó első halfaunisztikai adatok VÁSÁRHELYI (1961) munkájában találhatóak. ENDES és HARKA (1987) 15 fajt, míg HARKA (1992) már 18 fajt közölt az Eger-patakból. HARKA és SZEPESI (2005, 2006, 2013), illetve SZEPESI és HARKA (2008) később a vízfolyás faunalistáját további 10 fajjal bővítette. A közölt adatok az Eger-patak teljes vízrendszerének halfaunájára vonatkoznak, Eger város belterületi szakaszáról ugyanakkor egyáltalán nem rendelkezünk adatokkal a patak halfaunáját illetően. Munkánk célja ezért elsősorban e hiány pótlása volt.

### Anyag és módszer

Napjainkban az egyik legáltalánosabban elfogadott hal mintavételi módszer az egyenárammal végzett elektromos halászat. A módszer előnye, hogy nem szelektív, kíméletes a halakkal és közel független a környezeti változóktól. A víz vezetőképessége és hőmérséklete kis mértékben ugyan befolyásolhatja a mintavételt, ezt azonban ellensúlyozza a gyors, valamint könnyű és széleskörű alkalmazhatóság (pl. csónakból, vagy vízben gázolva; bedőlt fákkal, hínárral, vagy mocsári növényzettel részlegesen fedett folyó-, vagy állóvizekben). A módszerrel a fenéklakó halfajok is nagyobb valószínűséggel gyűjthetők, így komplexebb rálátásunk nyílik az élőhelyek fajösszetételére.

Az elektromos halászattal számtalan forrás foglalkozik már egészen az 1960-as évek óta, így meglehetősen jól kutatott téma mind maga a mintavételi módszer, mind pedig az eszköz használatával kapcsolatos környezeti paraméterek (CUINAT 1967, HENDRICKS ET AL. 1980, ZALEWSKI 1983 és 1985, COPP & PENAZ 1988, COPP 1989, COWX & LAMARQUE 1990; HARVEY & COWX 1996, REYNOLDS 1983 és 1996).

A halfaunisztikai adatok gyűjtését egy SAMUS 725 MS típusú egyenáramú, akkumulátoros rendszerű elektromos halászgéppel, vízben gázolva végeztük. A halakat az egyedek faji szintű meghatározását követően szabadon engedték, begyűjtésre nem került sor. A mintavételi szelvények alsó és felső koordinátáit kézi GPS berendezéssel rögzítettük. A fajonkénti egyedszámok és a geokoordináták felvételezésére digitális diktafont használtunk. Az eredményeket gyűjtőhelyenként adatlapon összegeztük.



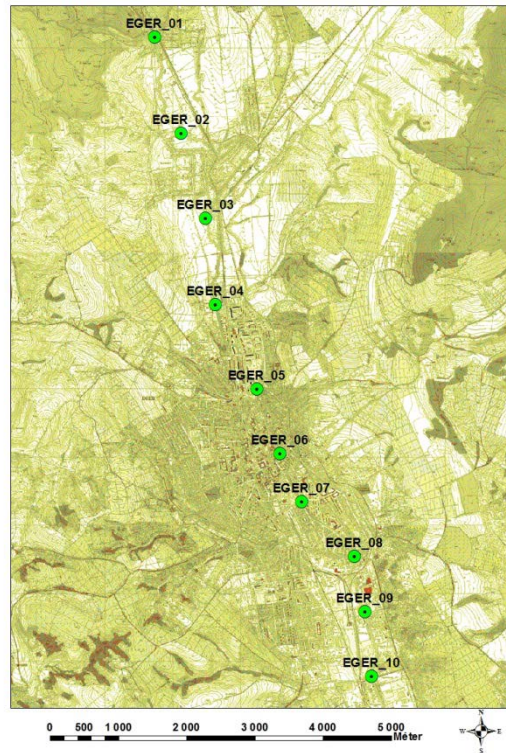
## Eredmények

Az Eger-patak halfaunáját összesen 10 mintavételi szakaszon vizsgáltuk Eger közigazgatási területén. A mintavételekre egy késő őszi (2015. november 19-20.) és egy kora nyári (2016. június 20-21.) időszakban került sor. A mintavételi szakaszok listája az 1. táblázatban olvasható, míg térképi nézetüket az 1. ábra mutatja.

1. táblázat: Mintavételi szakaszok az Eger-patakon

|    | Mintavételi kód | Alterület                         | Dátum      |            | EOV X  | EOV Y  |
|----|-----------------|-----------------------------------|------------|------------|--------|--------|
| 1  | EGER_01         | Eger, Almár                       | 2015-11-20 | 2016-06-21 | 747668 | 291260 |
| 2  | EGER_02         | Eger, Felnémet                    | 2015-11-20 | 2016-06-21 | 748087 | 289836 |
| 3  | EGER_03         | Eger, Tárkányi-p. torkolata alatt | 2015-11-20 | 2016-06-21 | 748510 | 288405 |
| 4  | EGER_04         | Eger, rutinpálya                  | 2015-11-20 | 2016-06-21 | 748605 | 287315 |
| 5  | EGER_05         | Eger, Vízimolnár utca             | 2015-11-20 | 2016-06-21 | 749210 | 286078 |
| 6  | EGER_06         | Eger, Dobó István tér alatt       | 2015-11-19 | 2016-06-20 | 749521 | 285103 |
| 7  | EGER_07         | Eger, Érsekkert                   | 2015-11-19 | 2016-06-20 | 749845 | 284438 |
| 8  | EGER_08         | Eger, Sas utca                    | 2015-11-19 | 2016-06-20 | 750622 | 283641 |
| 9  | EGER_09         | Eger, Bosch telep alatt           | 2015-11-19 | 2016-06-20 | 750794 | 282801 |
| 10 | EGER_10         | Eger, Kőlyuk út                   | 2015-11-19 | 2016-06-20 | 750900 | 281854 |

1. ábra: A mintavételi szakaszok térbeli elhelyezkedése



A kutatás eredményeként a vízfolyásban hét halfaj összesen 5168 egyedét azonosítottuk. 2015 őszén öt halfaj 2944 példányát, míg 2016 nyarán hat halfaj 2224 példányát regisztráltuk. Ősszel az egynyaras egyedek aránya 34% volt, míg tavasszal ennek csupán a fele, 17% volt az ivadékok hányada.

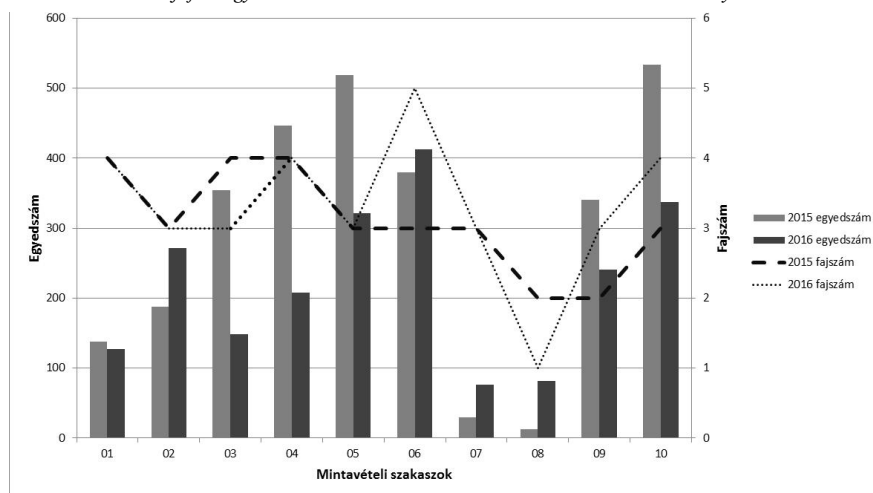
Az észlelt halak közül kettő, a kövicsík (*Barbatula barbatula*) és a tiszai küllő (*Gobio carpathicus*) [korábban fenékjáró küllő (*Gobio gobio*)] Magyarországon védett, míg szintén két faj, az ezüstkárász (*Carassius gibelio*) és a razbóra (*Pseudorasbora parva*) idegenhonos hazánkban.

A kimutatott fajokat – az észlelt egyedszámokat is feltüntetve – a 2. táblázat tartalmazza. A zárójelben feltüntetett számok az adott mintavételi szakaszon észlelt egynyaras példányok számát jelzi. A 2. ábra a faj- és egyedszám mintavételenkénti megoszlását szemlélteti.

2. táblázat: A halfajok megoszlása a mintavételi szakaszok szerint

| Kód     | Dátum | <i>B. barbatula</i> | <i>C. gibelio</i> | <i>G. carpathicus</i> | <i>P. parva</i> | <i>S. trutta</i> | <i>S. erythrophthalmus</i> | <i>S. cephalus</i> |
|---------|-------|---------------------|-------------------|-----------------------|-----------------|------------------|----------------------------|--------------------|
| Eger_01 | 2015  | 10                  | -                 | 41+(18)               | -               | 6                | -                          | 46+(17)            |
|         | 2016  | 21                  | -                 | 30+(5)                | -               | 1                | -                          | 54+(16)            |
| Eger_02 | 2015  | -                   | -                 | 32+(42)               | -               | 1                | -                          | 56+(57)            |
|         | 2016  | 4+(1)               | -                 | 83+(9)                | -               | -                | -                          | 108+(66)           |
| Eger_03 | 2015  | 8+(1)               | -                 | 31+(57)               | -               | 4                | -                          | 220+(33)           |
|         | 2016  | 9                   | -                 | 90+(11)               | -               | -                | -                          | 34+(4)             |
| Eger_04 | 2015  | 13+(1)              | -                 | 68+(26)               | -               | 1                | -                          | 311+(27)           |
|         | 2016  | 16                  | -                 | 58+(7)                | -               | 2                | -                          | 85+(40)            |
| Eger_05 | 2015  | 14+(2)              | -                 | 26+(60)               | -               | -                | -                          | 336+(81)           |
|         | 2016  | 7                   | -                 | 117+(21)              | -               | -                | -                          | 114+(62)           |
| Eger_06 | 2015  | 2                   | -                 | 52+(212)              | -               | -                | -                          | 83+(31)            |
|         | 2016  | 9                   | -                 | 138+(51)              | -               | 1                | 1                          | 173+(40)           |
| Eger_07 | 2015  | -                   | -                 | 3                     | -               | 1                | -                          | 23+(3)             |
|         | 2016  | 1                   | -                 | 3                     | -               | -                | -                          | 72                 |
| Eger_08 | 2015  | -                   | -                 | 2                     | -               | -                | -                          | 10+(1)             |
|         | 2016  | -                   | -                 | -                     | -               | -                | -                          | 81+(1)             |
| Eger_09 | 2015  | -                   | -                 | 158+(28)              | -               | -                | -                          | 118+(37)           |
|         | 2016  | (2)                 | -                 | 43+(6)                | -               | -                | -                          | 179+(11)           |
| Eger_10 | 2015  | -                   | -                 | 135+(124)             | 1               | -                | -                          | 125+(149)          |
|         | 2016  | (4)                 | 6                 | 179                   | -               | -                | -                          | 126+(22)           |

2. ábra: A faj- és egyedszám alakulása a mintavételi időszakok, illetve szelvények szerint



Amint a 2. táblázatban, illetve a 2. ábrán is látható, Almár (EGER\_01) felől a város felé közeledve mindkét mintavételi időszakban folyamatos egyedszám emelkedés volt tapasztalható, csak a Dobó István térnél (EGER\_06) látható egy kicsökkenés. Ezzel szemben az EGER\_07 és az EGER\_08 mintavételi szakaszokon jelentős faj- és egyedszámbeli visszaesés volt tapasztalható mind a 2015 őszi, mind pedig a 2016 tavaszi mintavétel során.

Az érsekkerti szakaszra (EGER\_07) a sekély, helyenként csupán néhány centiméteres vízmélység jellemző, ami a nagyobb testű halak számára nem biztosít megfelelő élőhelyet. Ugyanakkor e szakaszon a termálfürdő felől több ponton is állandó meleg víz bevezetés található, ami érezhetően megemeli a víz hőmérsékletét, csökkentve ezáltal a víz oldott oxigén tartalmát. A meleg víz és a lecsökkent oxigénszint lokálisan még hatótényező lehet, önmagában azonban már nem magyarázza a folyásirány szerint lentebb található Sas utcai szakaszon (EGER\_08) tapasztalt kis faj- és egyedszámot. Az itteni állapot megértéséhez további vizsgálatok elvégzése javasolt egyéb szennyezőforrások felderítésére.

A két legalsó mintavételi szakaszon már meredek emelkedés látható nemcsak az egyedszámot, hanem a fajszámot is tekintve. Ez mindenképpen kedvezőbb környezeti feltételekre utal.

Az Eger-patak halfaunájának domináns halfajai a kövicsík (*Barbatula barbatula*), a tiszai küllő (*Gobio carpathicus*) és a domolykó (*Squalius cephalus*), ami nem véletlen, hiszen e fajok egyben a domolykó szinttáj karakter fajai is. A legnagyobb egyedszámú állományt a szinttáj névadó faja, a domolykó esetében tapasztaltuk, a kövicsík esetében ugyanakkor a regisztrált egyedszám elmaradt a várt mennyiségtől.

A sebes pisztráng (*Salmo trutta*) előfordulása szinte kivétel nélkül a sodrottabb, természetközelebbi állapotú mederszakaszokra korlátozódott, az áramlás mérséklődésével a vizsgált alsóbb szakaszokon már nem is került elő. Az általunk fogott példányok vélhetően telepítésből származnak, cikkükben HARKA és SZEPESI (2013) is ezt valószínűsíti.

A két idegenhonos halfaj, az ezüstkárász (*Carassius gibelio*) és a razbóra (*Pseudorasbora parva*) csak a legalsó (EGER\_10) mintavételi szelvényben fordult elő egy-egy alkalommal, nagyon kis egyedszámban, így minden bizonnyal az Eger-patak torkolathoz közelebb eső, síkvidéki szakaszáról felúszó egyedek lehettek.

Érdekes eredmény, hogy a Dobó István tér alatti szakaszon (EGER\_06) előkerült a vörösszárnyú keszeg (*Scardinius erythrophthalmus*) egy példánya, hiszen e faj előfordulásáról legközelebb a Rimából, az Ostoros-patakkaival való összefolyás alatti szakasról rendelkezünk észlelési adattal (HARKA & SZEPESI 2013). A szintén e cikkben említett jászkeszeg (*Leuciscus idus*) telepítésnek mi sem találtuk nyomát, hiszen egyetlen példány sem került elő a két vizsgálat során.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- COPP, G. H., PENAZ, M. (1988): Ecology of fish spawning and nursery zones in the flood plain, using a new sampling approach. – *Hydrobiologia*, 169: 209-224. p.
- COPP, G. H. (1989): Electrofishing for fish larvae and 0+ juveniles: equipment modifications for increased efficiency with short fishes. – *Aquaculture and Fish Management*, 20: 453-462. p.
- COWX, I. G., LAMARQUE, P. (1990): Fishing with electricity: applications in freshwater fisheries management. – Fishing News Books, Oxford, 248. pp.
- CUINAT, R (1967): Contribution to the study of physical parameters in electrical fishing in rivers with direct current. – In: Vibert, R. (ed.): *Fishing with Electricity, Its Application to Biology and Management*. FAO, Fishing News (Books) Ltd, Surrey, UK. 131-173. p.
- ENDES M., HARKA Á. (1987): A Heves–Borsodisíkság gerincesfaunája. – *Tiszai Téka* 2., Eger, 80. pp.
- HARKA Á. (1992): Halfaunisztikai megfigyelések a Bükk-hegység déli előterének vízfolyásaiban. – *A Természet*, 43 (6): 108-109. p.
- HARKA Á., SZEPESI Zs. (2005): A Laskó és az Eger-patak vízrendszerének halfaunisztikai vizsgálata. – *Halászat*, 98 (3): 112-119. p.
- HARKA Á., SZEPESI Zs., ANTAL L. (2006): Selymes durbincs (*Gymnocephalus schraetser*) az Eger-patak alsó szakaszán. – *Halászat*, 99 (1): 26. p.
- HARKA Á., SZEPESI Zs. (2013): A halfauna vizsgálata a kelet-magyarországi Eger-patak vízrendszerén. – *Pisces Hungarici*, 7: 85-96. p.
- HARVEY, J., COWX, I. G. (1996): Electric fishing for the assessment of fish stocks in large rivers. – In: Cowx, I. G. (ed.): *Stock assessment in inland fisheries*. Blackwell, Oxford, 11-26. p.
- HENDRICKS, M. L., HOCUTT, C. H., STANFFER, R. J. (1980): Monitoring of fish in lotic habitats. – In: Hocutt, C. H., Stanffer, J. R. (eds.): *Biological Monitoring of Fish*. Lexington Books, Lexington, Massachusetts, 205-231. p.
- REYNOLDS, J. (1983): Electrofishing. – In: Nielsen, L.A. & Johnson, D.L. (eds.): *Fisheries Techniques*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. 147-163. p.

- REYNOLDS, J. (1996): Electrofishing. – In Murphy, B., Willis, D. (eds.): Fisheries Techniques, 2nd ed. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 221-253. p.
- SZEPESI Zs., HARKA Á. (2008): Szilvaorrú keszeg (*Vimba vimba*) az Eger-patakban. – Halászat, 101 (1): 13. p.
- VÁSÁRHELYI I. (1961): Magyarország halai írásban és képekben. – Borsodi Szemle Könyvtára, Miskolc, 134. pp.
- ZALEWSKI, M (1983): The influence of fish community structure on the efficiency of electrofishing. – Fisheries Management, 14: 177-186. p.
- ZALEWSKI, M (1985): The estimate of fish density and biomass in rivers on the basis of relationship between specimen size and efficiency of electrofishing. – Fisheries Research, 3: 147-155. p.

**ADATOK A HEVESI-SÍK  
KISEMLŐSFAUNÁJÁHOZ GYÖNGYBAGOLY  
*TYTO ALBA* (SCOPOLI, 1769),  
A RÉTI FÜLESBAGOLY *ASIO FLAMMEUS*  
(PONTOPPIDAN, 1763) ÉS AZ ERDEI  
FÜLESBAGOLY *ASIO OTUS* (LINNAEUS,  
1758) BAGOLYKÖPET-VIZSGÁLATOK  
ALAPJÁN**

VIG ZSÓFIA<sup>1</sup> – VARGA JÁNOS<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Biológia – földrajz osztálytanár szakos szakos hallgató, <sup>2</sup>Eszterházy Károly Egyetem,  
Biológiai Intézet, Állattani tanszék. . E-mail: vi.zso963@gmail.com*

**Abstract:** During the study 2336 owl pellets were collected in 11 localities of the Hevesi plain region and then their prey constitution were identified. Pellets of Barn owl (*Tyto alba*), 1941, Short-eared owl (*Asio flammeus*), 61, and Long-eared owl (*Asio otus*), 304, were collected between 2007 and 2016. The majority of identified preys were small mammals: from barn owl pellets 7292, from long-eared owl pellets 510 and from short-eared owl pellets 90 remnant were identified.

**Bevezetés**

A Hevesi-sík kisémlős faunájára vonatkozóan csak az utóbbi évtizedekben végzett kutatásokból állnak adatok rendelkezésre (Endes et al. 1993a, 1993b, Endes & Harka 1998, Kovács & Cserkész 2005). A terület kisémlős faunájának feltárása bagolyköpet vizsgálatokra alapozva napjainkban is folytatódik. A kisémlősök szerepe az ökoszisztémában egyáltalán nem elhanyagolható.

Rendkívüli szerepet játszanak az anyag és energiaforgalomban a táplálékhálózatban elfoglalt helyük révén. (Hayward és Phillipson, 1979), valamint a mezőgazdasági kártevő, *gradációra* hajlamos fajok sem hagyhatók figyelmen kívül. Egy élőhely állapotát remekül indikálja az ott élő kisemlősközösség. (Goncalves et al. 2011, Leis et al. 2008). A cickányok predációs tevékenységének kiemelkedő és meghatározó szerepe van az élőhely szempontjából (Churchfield 1990, Nicolas et al. 2009). A kisemlősök zsákmányállatként jelentősen befolyásolják az adott területen fellelhető ragadozó madár, illetve emlős közösséget összetételét (Butet et al. 2006, Goncalves et al. 2011, Torre et al. 2007).

### Anyag és módszer

A vizsgálatot indirekt módon bagolyköpet analízissel végeztük. Előfordul, hogy egy területről ritka kisemlősfajok kimutatása csak ezzel a módszerrel lehetséges (DENYS et al. 1999).

A vizsgálati időszakban 2007 júliusától 2016 márciusáig 3 bagolyfaj a gyöngybagoly *Tyto alba* (Scopoli, 1769), a réti fülesbagoly *Asio flammeus* (Pontoppidan, 1763) és eredi fülesbagoly *Asio otus* (Linnaeus, 1758) begyűjtött köpeteit dolgoztuk fel.

A gyöngybagoly a táplálékspektruma közismerten széles, fészkelőhelye elsősorban emberi településekhez kötődik, előszeretettel költözik be templomtornyokba, kevésbé zavart padlásokra, hodályokba, de a számára kihelyezett költőládákat is elfoglalja. Köpetei könnyen és egész évben gyűjthetők. Táplálékválasztás szempontjából *opportunistá*, nagymértékben alkalmazkodik a helyi kínálathoz. A hazai baglyok közül a legszélesebb *zsákmányrepertoárral* rendelkezik (Jaksic, 1982, Haraszty 1984, Schmidt, 1984, Kalivoda B 2009a, 2009b, Purger, 2014). A territórium és a bejárt terület határa bizonyos intervallumon belül állandóan változik. A változás függ a táplálékellátottságtól, a meteorológiai helyzettől, és a bagoly pillanatnyi fiziológiai állapotától (Schmidt 1967, Papp 1982).

A gyöngybagoly köpetek mellett 2014 tavaszán, a területen megjelent, hazánkban fokozottan védett réti fülesbaglyok (*Asio flammeus*) köpetei is begyűjtésre kerültek. Ez a bagolyfaj hazánkban ritka fészkelőnek számít, telente



nagyobb távolságokat kóborol. Táplálék-összetételének vizsgálata hazánkban rendszertelen megjelenése és a köpetek összegyűjthetőségének viszonylagos nehézsége miatt kevésbé kutatott.

A réti fülesbagoly hazai előfordulása szinte mindig a táplálék-bőséggel hozható összefüggésbe. Költő, vonuló és telelőhelyeinek kiválasztása szorosan irodalmi adatok szerint összefügg a *Microtus*-fajok egyedszámának alakulásával (Andrési P. - Sódar L. 1981, Jánoska F. 1992).

Az előbb említett két bagolyfaj mellett erdei fülesbagoly (*Asio otus*) köpetek is feldolgozásra kerültek. Az erdei fülesbagoly köpetei, életmódjából kifolyólag, a telet kivéve, nehezen hozzáférhetők. Télen a településekre behúzódó állománytól viszont a köpetek nagy mennyiségben gyűjthetők. Táplálék-összetételére vonatkozóan Nagy 1982, Ács. 1986, Dániel és mtsai. 1986, Kalivoda 1994, Molnár 1981, 2012 munkáiban találhatunk adatokat.

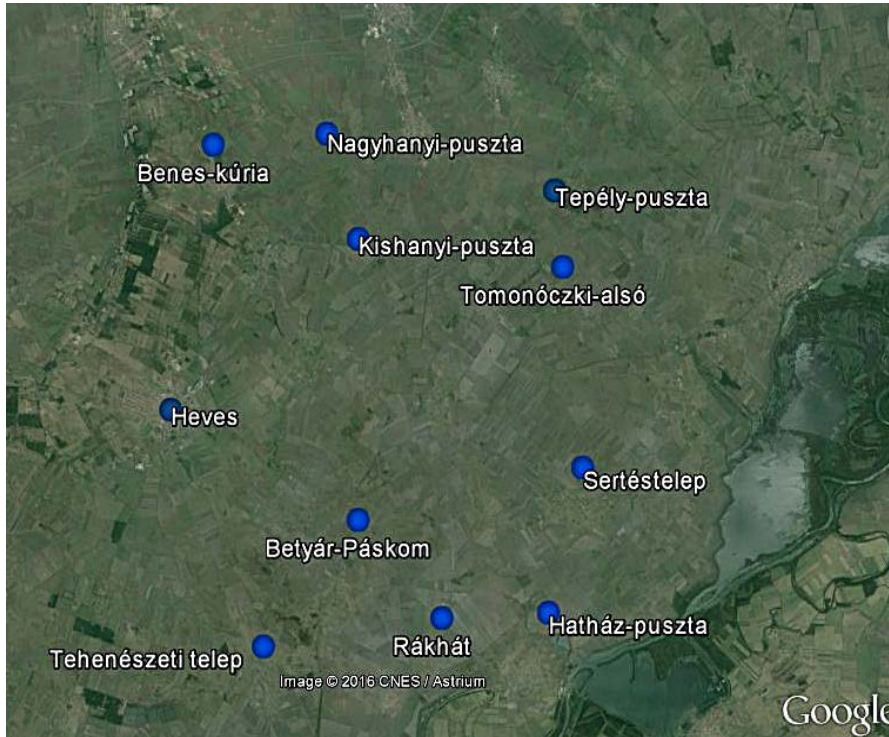
A kisémlős faunisztikai kutatásokban elterjedt módszer a bagolyköpet analízis. Előnye, hogy alkalmazásával nagy mennyiségű adat gyűjthető viszonylag rövid idő alatt, ugyanakkor természetvédelmi szempontból káros hatása nincs. Hátránya közt említhető meg, hogy csak relatív populációnagyság becsülhető a kapott adatokból, valamint, hogy az egyes fajok határozása nem mindig könnyű. (Horváth Gy, 2005).

### Mintavételi területek és gyűjtőhelyek

A köpetek gyűjtőhelyei a Hevesi-sík területén találhatóak. A Hevesi-sík az Alföld egyik leglaposabb tája, tengerszint feletti magassága: 90-120 m. Felszínét a Tisza alakította ki oldalazó erózióval és feltöltéssel. A régió nagyobb részén alacsony ártéri jellegű, közepes vízállású hordalékkúpsíkság terül el, melyet löszös iszap borít, rajta a vízhatástól függően szikes talajok különböző típusai alakultak ki. Éghajlata kontinentális jellegű, meleg, száraz. A tél viszonylag kemény, évente 35-40 téli napra lehet számítani. A csapadék nem haladja meg az évi 500 mm-t. A napsütéses órák száma 1900-2000 közötti (Garami-Garami, 1997, Marosi és Somogyi, 1990).

A Hevesi-sík tipikus agrártáj. A magasabb löszhátak szántóföldi művelés alatt állnak. A terület többi részén elterülő szikes gyepeken a *Achilleo-Festucetum pseudovinae* és *Artemisio-Festucetum pseudovinae* társulások dominálnak. A gyepterületeket legelőként vagy kaszálóként hasznosítják, a szán-

tőföldeken elsősorban takarmánynövényeket és gabonaféléket termesztnek (Ángyán 2003, Smotzer A. 2004, 2014). A hevesi-sík területén kijelölt gyűjtőhelyek az 1. ábrán tünteti fel.



1. ábra. Vizsgált terület (gyűjtőhelyek ponttal jelölve)

### Minták feldolgozása

A köpetek alakja, mérete és színe fajra jellemző Kisemlősök *faunisztikai* kutatásához a gyöngybagoly köpetmintái használhatók fel legjobban. A költő- és pihenőhelyeken begyűjtött köpetekből az épségben megmaradt koponyák, állkapcsok, fogak alapján az egyes kisemlős fajok egyedei jól elkülöníthetők egymástól (Schmidt 1967, März, R. 1972, Mikuska et al. 1979, Zörényi 1990). A köpeteket minden esetben száraz módszerrel dolgoztam fel. A koponyamaradványok határozásához 4 forrást használtam fel. (Schmidt 1967, Ács 1985, Ujhelyi 1989 és Zörényi 1990 határozókulcsa). Összesen 11 helyről történt meg a minták begyűjtése 2014-2016 között (1. táblázat)

| species                               | Gyűjtőhelyek                   | köpetszám |
|---------------------------------------|--------------------------------|-----------|
| Gyöngybagoly <i>Tyto alba</i>         | Mezőtárkány-Tepély-puszta      | 709+T     |
|                                       | Kisköre-Hatház-puszta          | 236       |
|                                       | Kisköre-Rákhát                 | 257       |
|                                       | Dormánd-Nagyhanyi,             | 147       |
|                                       | Tiszanána- sertéstelep         | 325       |
|                                       | Erdőtelek-Benes-kúria          | 156+T     |
|                                       | Pély-agrártelep                | 74        |
|                                       | Tarnaszentmiklós-Betyár-Páskom | 67        |
|                                       | Besenyőtelek- Kishanyi-puszta  | T         |
| Erdei fülesbagoly <i>Asio otus</i>    | Heves belvárosa                | 304       |
| Réti fülesbagoly <i>Asio flammeus</i> | Nagyhanyi-puszta               | 31        |
|                                       | Tomonoczi-alsó                 | 30        |
|                                       | összesen:                      | 2336      |

1. táblázat az egyes gyűjtőhelyekről feldolgozott köpetek száma

A minták feldolgozásakor, a feltárt kisméltos maradványok meghatározását néhány esetben csak nemzetség szintig végeztük el, ennek oka, hogy a köpetek feldolgozásakor a fajszintű elkülönítés a határozás során, vagy még nem teljesen megoldott, vagy pedig csak összehasonlító minta segítségével oldható meg, ami nem állt rendelkezésemre.

### *Apodemus* genus

Sylvaemus subgenusba tartozó fajok *Apodemus microps*, *A. sylvaticus*, *A. flavicollis* fajok elkülönítése meglehetősen körülményes *Apodemus* sp. néven foglalom össze őket.

*Mus genus*

*Mus musculus* és *Mus spicilegus* fajokat eddigi munkám során nem különítettem el egymástól. *Mus sp.* néven foglalom össze.

*Neomys genus*

*Neomys fodiens*, *N. anomalus* fajoknál a *coronoid* magasság szerepel, mint határozóbélyeg. Az általam használt szakirodalomban nincs egyetértés Schmidt (1967) vizsgálatai szerint 4,6 mm *coronoid* magasság felett *Neomys fodiens*, Ujhelyi (1989) határozókönyvében 4,5 mm a határérték) *Neomys sp* néven foglalom össze, mivel a fajszintű biztos elkülönítés még nem megoldott.

*Rattus genus*

A Rattusok pontos határozásához ép agykoponya szükséges, amit a bagolyköpetekben többnyire eltörrik. *Rattus rattus* és *R. norvegicus* általában csak fiatal egyedei kerülnek elő bagolyköpetből. A két faj elkülönítése a *crista supraorbitalis* alapján történik. Ez fiatal egyedeknél még nem fejlődött ki teljesen. Összehasonlító minta segítségével viszont fogazati bélyegek alapján elkülöníthető a két faj, de sajnos mivel ez nem állt rendelkezésemre így *Rattus sp.* néven tüntettem fel.

A rovarmaradványokat Insecta, néven említem, a hüllőket Sauria néven tüntettem fel, a köpetekből előkerült madarakat. Aves néven foglalom össze, a nyúlalakúak maradványait pedig Leporinea néven tüntettem fel.

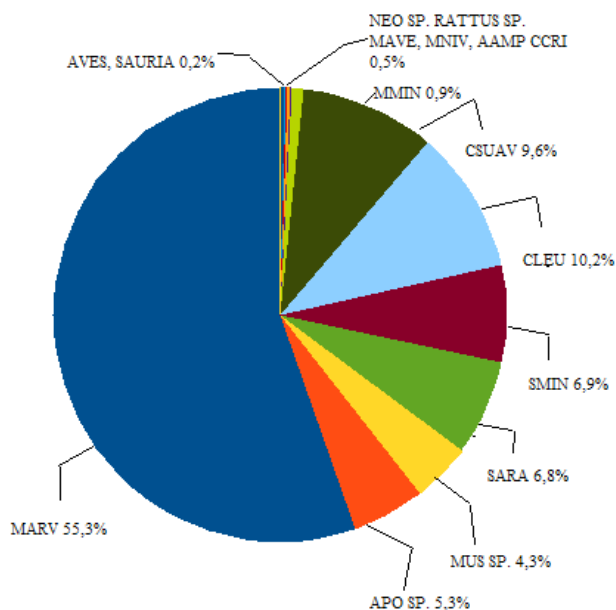
**Vizsgálati eredmények**

A Hevesi-sík 11 lelőhelyéről összesen 1971 gyöngybagoly köpetet vizsgáltam, melyekből 7292 zsákmányállatot azonosítottam, erdei fülesbagoly köpetekből (304 db) összesen 510 zsákmányállat került meghatározásra, és a réti fülesbagoly köpet mindösszesen 61 darab kerül begyűjtésre ezekből 90 példány került elő. A három bagolyfaj köpeteiből összesen 7892 zsákmányállat maradványát azonosítottam. A gyöngybagoly köpetekből feldolgozott minták eredményeit a 2 táblázatban foglaltam össze.

| Gyűjtőhelyek<br>Fajok           | Tepély-<br>puszta | Hatház-<br>puszta | Tiszanána  | Rákhát     | Betyár-<br>páskom | Pély       | Kishanyi-<br>puszta | Benes-<br>kúria | Nagyhanyi-<br>puszta |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|------------|------------|-------------------|------------|---------------------|-----------------|----------------------|
| <i>Microtus arvalis</i>         | 1604              | 518               | 646        | 389        | 105               | 74         | 76                  | 253             | 267                  |
| <i>Apodemus sp.</i>             | 80                | 45                | 5          | 48         | 7                 | 4          | 6                   | 37              | 10                   |
| <i>Apodemus agrarius</i>        | 73                | 4                 | 0          | 3          | 1                 | 0          | 6                   | 33              | 9                    |
| <i>Mus. sp.</i>                 | 113               | 44                | 12         | 51         | 8                 | 1          | 5                   | 36              | 32                   |
| <i>Sorex araneus</i>            | 110               | 113               | 28         | 62         | 20                | 64         | 10                  | 107             | 44                   |
| <i>Sorex minutus</i>            | 126               | 84                | 25         | 66         | 22                | 78         | 6                   | 53              | 59                   |
| <i>Crocidura leucodon</i>       | 240               | 88                | 36         | 189        | 48                | 5          | 2                   | 18              | 105                  |
| <i>Crocidura suaveolens</i>     | 188               | 93                | 49         | 153        | 32                | 16         | 4                   | 13              | 131                  |
| <i>Neomys sp.</i>               | 1                 | 46                | –          | 5          | –                 | 7          | –                   | 1               | –                    |
| <i>Micromys minutus</i>         | 17                | 28                | 4          | 5          | 18                | 9          | 6                   | 6               | 9                    |
| <i>Arvicola amphibius</i>       | 1                 | –                 | –          | –          | –                 | 2          | –                   | 1               | –                    |
| <i>Muscardinus avellanarius</i> | 3                 | 1                 | –          | –          | –                 | –          | –                   | 4               | –                    |
| <i>Rattus sp.</i>               | 5                 | 2                 | –          | –          | 1                 | –          | –                   | –               | –                    |
| <i>Cricetus cricetus</i>        | 1                 | 1                 | –          | –          | –                 | –          | –                   | 1               | –                    |
| <i>Mustella nivalis</i>         | –                 | –                 | –          | 1          | –                 | –          | –                   | 1               | 1                    |
| <i>Passeriformes</i>            | 5                 | –                 | 1          | 2          | –                 | –          | –                   | –               | 1                    |
| <i>auria</i>                    | 3                 | –                 | –          | –          | –                 | –          | –                   | –               | –                    |
| <b>Összesen</b>                 | <b>2570</b>       | <b>1067</b>       | <b>806</b> | <b>974</b> | <b>262</b>        | <b>260</b> | <b>121</b>          | <b>564</b>      | <b>668</b>           |

2. táblázat. A gyöngybagoly köpetek kisémlős adatainak gyűjtőhelyenkénti megoszlása

A gyöngybagolytól származó teljes mintában a kisémlősök domináltak. Az összes zsákmányállat 99,8% tesz ki. A fennmaradó 0,2%-ot a hulló és madár maradványok teszik ki (1. ábra).



1. ábra: Zsákmányállatok százalékos eloszlása

Legnagyobb arányban a rágcsálók (Rodentia) szerepelnek 64, 87%-kal, őket követik a rovarvők (Insectivora) 34,93%-kkal, majd a madár és hüllőmaradványok (0,16%), és a ragadozók (Canivora) 0,04%-kát teszi ki a teljes mintának. A teljes mintában talált zsákmányállatok példányszámát az 1. táblázatban foglalom össze.

A dominancia sor elején a mezei pocok áll 53,9%-kal, magas arányuk a mezőgazdasági területek nagy kiterjedésével magyarázható. Második és harmadik helyen a *Crocidura* genus képviselői állnak (*C. leucodon* (10,02%), *C. suaveolnes* (9,3%)), negyedik és ötödik helyen állnak a *Sorex* genus tagjai (*S. araneus* (7,7%), *S. minutus* (7,11%)). Hatodik helyen állnak a *Mus* genus fajai, bár faji meghatározás itt sem történt, a területen a güzüegér (*Mus spicilegus*) hordásai szintén megtalálhatók voltak, 4,14%-kal vannak jelen a teljes mintában. 3,3%-kal szerepel az *Apodemus* nemzetségbe tartozó 3 faj (*A. microps*, *A. flavicollis*, *A. sylvaticus*), 1,8%-kal pedig a pirók erdeiegeér (*Apodemus agrarius*), hetedik és nyolcadik helyet foglalják el a dominanciasorban. A törpe-

egér (*Micromys minutus*) 1,4%, a *Neomys sp.* néven összefoglalt közönséges és Miller-vízicickány (*N. fodiens*, *N. anomalus*) 0,82%, az énekesmadarak (*Passeriformes*) 0,12%, a patkányok (*Rattus sp.*) 0,11%, a mogyoróspele (*Muscardinus avellanarius*) 0,11%, a közönséges kőszapocok (*Arvicola amphibius*) 0,05%, a mezei hörcsög (*Cricetus cricetus*) 0,04% és a hüllők is 0,04%-ban vannak jelen a teljes mintában.

Az erdei fülesbagolytól 2015-ben két alkalommal februárban és márciusban, 2016-ban pedig egy alkalommal történt gyűjtés heves belvárosában telelő állománytól. A teljes mintában a rágcsálók magas aránya jellemző, a minta 91,8%-át teszik ki, a rovarévők mindössze 4,3%-át, a madár maradványok 3,3%-át a rovar nyúl és kétéltű maradványok a 0,6%-át képezik a teljes mintának. Az ilyen arányú táplálék összetétel megegyezik az irodalmi adatokkal. A Külön említést érdemel a nyúl jelenléte a bagoly köpetében. Méretei miatt a nyúl nagyon ritka zsákmányállatnak minősül az erdei fülesbagoly tápláléklistáján. Ez esetben csak a két *mandibulla* került elő, melyeken a harmadik *dentis molares* még nem nőtt ki teljesen, ez egyértelműen arra utal, hogy fiatal egyedet zsákmányolt. A *maxilla* hiánya azzal magyarázható, hogy a nagyobb zsákmányállatokat, melyeket nem lehet lenyelni egészben, a baglyok feldarabolják.

A réti fülesbagoly hazánkban ritka fészkelő, megjelenése mindig a táplálékhiánnyal hozható összefüggésbe. 2014 telén több alkalommal is sikerült megfigyelni a faj több egyedét a Tájvédelmi körzet védett területén (Nagyhanyi-pusztá) és márciusban köpetet is sikerült gyűjteni. A következő gyűjtés júniusban történt, a besenyőtelek határában lévő Tomonoczkai gyepterületről. Ez alkalommal frissen kirepült fiókákat is sikerült megfigyelni, ami bizonyítja, hogy a területen költés zajlott. A 61 köpetből 90 zsákmányállat maradványa került elő. A teljes mintában mezei pocok (*Microtus arvalis*) 95,6%-os relatív gyakorisággal szerepet, a többi zsákmányállat mindössze 4,4%-át (*Mus sp.* *Apodemus sp.* *Passeriformes sp.*) képezi a teljes mintának. A mezei pocok magas aránya a bagoly táplálékában arra utal, hogy a vizsgált évben a kellő táplálékforrást jelentett ez a rágcsáló faj a bagoly számára, ahhoz hogy költése sikeres legyen.

## Összegzés

A Hevesi-sík 11 lelőhelyéről 2007 és 2016 között történt bagolyköpetgyűjtés. A köpetek három bagolyfajtól származtak. Összesen a három fajtól 2336 köpet és az ehhez tartozó törmelék került feldolgozásra, melyekből 7892 zsákmányállat maradványa került meghatározásra.

A gyöngybagoly (*Tyto alba*) zsákmányállatai között a mezei pocok (*Microtus arvalis*) szerepel legnagyobb gyakorisággal, melyből az következik, hogy ennek a kisméretű fajnak a legnagyobb a denzitása a területen. Őket követik a *Crocidura* genus fajtái. (*C. leucodon*, *C. suaveolnes*), mely fajok a száraz élőhelyeket részesíti előnyben. A *Sorex araneus* és *Sorex minutus* kisebb aránya a teljes mintában valószínűsíthetően a nedvesebb élőhelyek alacsonyabb arányából következik. A *Mus sp.* néven összefoglalt *Mus spicilegus* és *Mus musculus* faji meghatározása nem történt meg, de több gyűjtőhely közelében is megtalálhatók voltak a *Mus spicilegus* hordásai, mely a faj biztos jelenlétét igazolja a területen. Az *Apodemus* fajok alacsony arányban voltak jelen a mintában. A *Micromys minutus* alacsony aránya szintén a nedvesebb élőhelyek kis számával magyarázható, valamint a *Neomys* fajok alacsony aránya is ebből következik.

Ritka zsákmányállatok közé tartozik a patkány (*Rattus sp*) illetve a hörcsög (*Cricetus cricetus*) és a menyét (*Mustella nivalis*), mely fajokat méreteik miatt a gyöngybagoly csak ritkán zsákmányolja. A teljes mintában nyolc patkány és 3 hörcsög maradványai kerültek meg. Mindkét faj esetében a fiatal egyedeket zsákmányolta a bagoly. A közönséges (vagy déli) menyét (*Mustella n. vulgaris*) 3 példánya került elő a teljes mintában. A mogyorós pele (*Muscardinus avellanarius*) nyolc példánya három gyűjtőhelyről került elő a teljes mintában, ez a faj bagolyköpet elemzéses módszerrel most először lett kimutatva a területről. A madár és hulló maradványok alacsony aránya arra utal, hogy a terület kisméretű faunájára kellő táplálék biztosít a baglyok számára.

Bár köpetből nem, de két gyűjtés alkalmával két denevér teteme került elő. Ezek faji meghatározása megtörtént. A Kisköre Hatház-pusztán 2015. november 20.-án előkerült denevér tetem egy közönséges késeidenevérnek *Eptesicus serotinus* (Schreber, 1774) bizonyult, mely irodalmi adatok alapján már előkerült a Hevesi területéről. Ezen denevérfajunk, hazánk egész területén elterjed, épületlakó faj. A Tepély-pusztán 2014. július 23.-án előkerült egy sző-



röskskarú koraidenevér *Nyctalus leisleri* (Kuhl, 1817), mely faj jelenlétéről eddigi adatok nem számolnak be. A szőröskskarú denevér hazánkban elsősorban hegy- és dombvidéken fordul elő, de nagyobb kiterjedésű alföldi erdőkben is előfordulható erdőlakó faj. Megkerülése értékes faunisztikai adat.

Az erdei fülesbagoly köpetekből előkerülő zsákmányállatok között a rágcsálók (Rodentia) és ezek között is a mezei pocok (*Microtus arvalis*) dominanciája volt jellemző. A rovarevők (Insectivora) csak nagyon alacsony arányban voltak jelen a mintában, valamint jellemző volt a madarak magas aránya a gyöngybagoly táplálkozásához képest, mely egyezik az irodalmi adatokkal az erdei fülesbagoly táplálkozásáról. A 2015. március elején gyűjtött mintából előkerült egy mogyorós pele, korai megkerülése az enyhe tél és a tavasz korai beköszöntésével magyarázható. Ugyanebből a mintából egy fiatal nyúl *mandibullái* kerültek elő. A nyúl nagyon ritkán szerepel az erdei fülesbagoly prédái között. Maxilla hiányában a határozás sajnos faji szintig nem lehetséges.

A réti fülesbagoly (*Asio otus*) táplálékállatai között a mezei pocok abszolút dominanciája jellemezte. Mivel a réti fülesbagoly megjelenését és fészkelését mindig a táplálékhiánnyal van összefüggésben, igazolja a mezei pocok gradációját a 2014-es évben. A 2014-ben időszakosan gyűjtött gyöngybagoly köpetekben is jóval magasabb arányban volt jelen a mezei pocok, mely szintén a gradációt igazolja. A réti fülesbagoly köpetekből előkerülő zsákmányállatok 95,6 %-át a mezei pocok (*Microtus arvalis*) tette ki.

Faunisztikailag említést érdemlő adat, hogy a mogyorós pele (*Muscardinus avellanarius*) először került meg ilyen módszerrel a területről. A köpetek begyűjtése alkalmával gyűjtés alkalmával, egy szőröskskarú denevér (*Nyctalus leisleri*) teteme is előkerült mely fajt eddigi nem mutatták ki a területről.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- ÁCS A. (1985): A bagolyköpet-vizsgálatok alapjai. MME Zalai HCs. Kiadványa, Zalaegerszeg.
- ÁNGYÁN J. – TARDY J. – VAJNÁNÉ MADARASSY A. (SZERK.) (2003): Védett és érzékeny természeti területek mezőgazdálkodásának alapjai, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 625 p.
- BUTET, A., PAILLAT, G. & DELETTRE, Y. (2006): Seasonal changes in small mammal assemblages from field boundaries in an agricultural landscape of western France. – Agriculture, Ecosystems and Environment 113: 364–369.

- CHURCHFIELD, S. (1990): *The Natural History of Shrews*. – C Helm/A andC Black, London.
- DÁNIEL Á. - FRANK T. - PELLINGER A. (1986): Erdei fülesbagoly (*Asio otus*) táplálékának vizsgálata. *Madártani Tájékoztató* 1986.1. p:79.
- ANDRÉSI P. - SÓDAR L. (1981): A zsákmányállatok megoszlása fülesbagoly (*Asio otus*) köpetekben talált maradványok alapján. *Madártani Tájékoztató* 1981.4. p:233-234.
- ENDES M., AMBRUS B. & BALOGH P. (1993A): Erdei pocok (*Clethrionomys glareolus*) előfordulása a Hevesi-síkon. *Calandrella* 7 (1-2): 159.
- ENDES M., AMBRUS B. & BALOGH P. (1993B): Házi patkány (*Rattus rattus*) Kömlőn. *Calandrella* 7(1–2): 160.
- ENDES M. & HARKA Á. (1998): Adatok a tiszai Alföld kisemlősfaunájához bagolyköpet-vizsgálatok alapján. *A puszta*, 1 (15):. 159–167.
- GARAMI L.-GARAMI LNÉ, (1997): Védett természeti értékeink útikalauza. Zöld Utakon, Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- GONCALVES, P., ALCOBIA, S., SIMOES, L. & SANTOS-REIS, M. (2011): Effects of management optionson mammal richness in a Mediterranean agro-sylvo-pastoral system. – *Agroforestry System* DOI: 10.1007/s10457-011-9439-7.
- HARASZTHY L. (1984): Magyarország fészkelő madarai. Mezőgazdasági Könyvkiadó.
- HAYWARD, G. F., AND PHILLIPSON, J. (1979): Community structure and functional role of small mammals in ecosystems. In: 'Ecology of Small Mammals'. (Ed. D. M. Stoddart.) pp. 135–211. (Chapman and Hall; New York.)
- HORVÁTH GY. (2005): Országos szintű bagolyköpet gyűjtésekre alapozott kisemlős monitorozás. Módosított protokoll. Pécs.
- JAKSIC, F. M., R. L SEIB, AND C. M. HERRERA. (1982): Predation by the Barn Owl (*Tyto alba*) in Mediterranean habitats of Chile, Spain and California: a comparative approach. *American Midland Naturalist* 107:151–162.
- JÁNOSKA F. (1993): Adatok a réti fülesbagoly (*Asio flammeus*) téli táplálkozásához a Fertő-tájon. *AQUILA* 100: 189-192.
- KALIVODA B. (1987): Adatok az erdei fülesbagoly (*Asio otus*) táplálkozásához. *Madártani Tájékoztató* 1987.3-4. p:27.
- KALIVODA B. (2009A): Gyöngybagoly (*Tyto alba*) köpetvizsgálati adatok a Dél-Tiszántúlról-2000. évi eredmények. *Crisicum* 5: 195.-219.
- KALIVODA B. (2009B): Gyöngybagoly (*Tyto alba*) köpetvizsgálati adatok a Dél-Tiszántúlról-2007.évi eredmények. *Crisicum* 5: 241-256.
- KOVÁCS ZSÓFIA ESZTER & CSERKÉSZ TAMÁS (2005): A Hevesi-sík kisemlős faunája bagolyköpetek vizsgálata alapján. *Folia Historico Naturalia Musei Matrensis* 29: 195–202.
- LEIS, S. A., LESLIE, D. M. JR., ENGLE, D. M. & FEHMI, J. S. (2008): Small mammals as indicators of short-term and long-term disturbance in mixed prairie. – *Environmental Monitoring and Assessment* 137: 75–84.

- MIKUSKA, J., TVRTKOVIĆ, N. & DŽUKIĆ, G. (1979): Sakupljanje i analiza gvalica ptica kao jedna od važnih metoda upoznavanja faune naših sisara. – Arhiv bioloških nauka 29 (3–4): 157–160.
- MAROSI, S. – SOMOGYI, S. (1990): Magyarország kistájainak kataszttere I. MTA FKI, Budapest. pp. 174–186.
- MÄRZ, R. (1972): Gewöll- und Ruffungskunde. – Akademie Verlag, Berlin, 398 pp.
- MOLNÁR L. (1981): Adatok az erdei fülesbagoly (*Asio otus* L.) táplálkozásához Kovászna megyében köpetvizsgálatok alapján, Aluta, 415–425.
- MOLNÁR L. (2012): Adatok az erdei fülesbagoly (*Asio otus* L.) téli táplálkozásához Sepsiszentgyörgyön köpetvizsgálatok alapján *Acta Siculica* 2012–2013, 99–106
- NAGY S. (1982): A zsákmányállatok megoszlása fülesbagoly (*Asio otus*) köpetekben talált maradványok alapján. *Madártani Tájékoztató* 1982. 2-3. p:113.
- NICOLAS, V., BARRIÈRE, P., TAPIERO, A. & COLYN, M. (2009): Shrew species diversity and abundance in Ziama Biosphere Reserve, Guinea: comparison among primary forest, degraded forest and restoration plots. – *Biodiversity and Conservation* 18: 2043–2061.
- PAPP L. (1982): A nagyiványi gyöngybagoly populáció (*Tyto alba guttata* Brehm) és táplálékállatainak ökológiai és ökoetológiai vizsgálata. Diplomadolgozat, 1982.
- PURGER J. JENŐ (2014): Kismemléksők faunisztikai felmérése Külső-Somogy északnyugati részén, gyöngybagoly *Tyto alba* (Scopoli, 1769) köpetek vizsgálata alapján. *Kaposvári Rippl-Rónai Múzeum Közleményei* 03: 105–112
- SCHMIDT E. (1967): Bagolyköpetvizsgálatok. Budapest, Magyar Madártani Intézet
- SCHMIDT E. (1984): A bagoly táplálkozásvizsgálatának gyakorlati jelentősége. *Természet Világa* 3: 128–130.
- SMOTZER A. (2004): A Hevesi-sík flóra kutatásának eredményei. In: *Aktuális Flóra-és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében VI.–összefoglaló kötet–p.*: 20.
- SCHMOTZER A (SZERK.) (2014): SZIKFOK – DÉL-HEVESI TANULMÁNYOK. – BÜKKI NEMZETI PARK IGAZGATÓSÁG, EGER, 192 PP.
- TORRE, I., DÍAZ, M., MARTINEZ-PADILLA, J., BONAL, R., VINUELA, J. & FARGALLO, J. A. (2007): Cattle grazing, raptor abundance and small mammal communities in Mediterranean grasslands.–*Basic and Applied Ecology* 8: 565–575.
- UJHELYI P. (1989): A magyarországi vadonélő emlősállatok határozója, Budapest.
- WIJNANDTS H. (1984): Ecological energetics of the long-eared owl (*Asio otus*). *Ardea*72, 1–92.
- ZÖRÉNYI M. (1990): A bagolyköpetekből várható hazai emlősfajok határozókulcsa. - *Babits füzetek* 1. Babits Mihály Művelődési Központ, Szekszárd. *Crisicum* 5. pp.241–256.



# ÚJ PEDAGÓGIAI MÓDSZEREK KÖZÉPISKOLAI OKTATÁSBAN VALÓ ALKALMAZÁSÁNAK BEMUTATÁSA

A „TÁPLÁLKOZÁS KOCKÁZATNÖVELŐ HATÁSÁNAK  
VIZSGÁLATA EGYES CIVILIZÁCIÓS BETEGSÉGEK  
KIALAKULÁSÁBAN” CÍMŰ DIÁKKUTATÁSON  
KERESZTÜL

VIRÁG DIÁNA

*Neumann János Középiskola 3300 Eger, Rákóczi út 48. E-mail: viragdia@ektf.hu*

**Abstract:** It is a great challenge how to teach science in secondary school, nowadays. Catch the attraction of the students is not easy toward a subject like chemistry, physics or biology. There are several abstractness definitions which they cannot link to the real life, and there are a lot of linkage between other natural based subjects like physics or biology. It can be hard to understand and boring to study. It would be more interesting if students would observe natural effects, perform own measurements, design own research activity. The science based learning is a new method, basing on the exploring characteristic of the students. By the application of this method the students would be able to solve problems in the everyday life which related on natural science skills.

In the following article I would like to introduce a research which was performed by students in the last year. The topic was to reveal the connection between civilization diseases and the alimentation habits of the people. During the research the students learned the basic rules and steps of the scientific work like making hypothesis, study international publication to know what the state of art is. They read and translated several international publications in this field to know the details of these diseases and the occurring factors. In



accordance with these publications they designed their own measurements: they chose some popular food product to measure their sugar and salt content. These two factors (sugar and salt) are responsible for several civilization deceases, like high blood pressure, cardiovascular diseases or obesity. At the end of the project they organized a 'health day' to introduce their information about this topic. That day was a great opportunity to draw the other students' attraction to healthy eating and lifestyle.

### **Bevezetés**

A természettudományos tárgyak oktatása számos kihívással küzd napjainkban: a tanulók érdeklődésének felkeltése, motivációja a természettudományos jelenségek megértése iránt egyre nehezebb feladat, ezen túl a természettudományos ismeretek hasznosíthatósága, mindennapi problémák ezen ismeretekkel való megoldása egyre kevésbé sikeres. Ennek több oka is lehet, mely közül a legfontosabb, hogy a középiskolai oktatás a természettudományos ismereteket egy külön egységként, mintegy a hétköznapi élettől függetleníthető ismeretként igyekszik átadni. A hétköznapi problémák megoldásához leggyakrabban természettudományos ismeret előhívására lenne szükség. A PISA felmérések során, a természettudomány területen elért eredmények a 2006-os felmérésekhez képest gyengébbek voltak (tíz ponttal alacsonyabbak a 2012-es eredmények). A természettudományos ismeretek felmérésének értékei több mérés átlagát tartalmazzák. Erre azért fontos a figyelmet felhívni, mert a diákok bizonyos feladattípusokban kiemelkedőek (több tíz százalékkal az átlag felett teljesítenek), míg bizonyos feladattípusokban nagyon gyengék. A magyar diákok fizikai és kémiai alapismerete az átlagosnál jobb, a különböző természettudományos jelenségek magyarázata során is több pontot értek el. Ami viszont nagyban árnyalja a képet, az a természettudományi problémák felismerése, a megismeréssel kapcsolatos problémák és a bizonyítékok alkalmazásának hiánya. Több, 2006-ban gyengén teljesítő ország 2012-re sokat javult. Például Törökország, Thaiföld, Románia 21-39 pont közötti emelkedést értek el. Magyarország visszaesett 10 ponttal.

Az oktatás megújulása a fentieket figyelembe véve mindenképp szükség-szerű. Módszertani újdonságként a kutatásalapú oktatás előnyben részesítése lenne kedvező. Iskolánkban több kezdeményezés is irányul erre. A következőkben az egyiket szeretném bemutatni.



2012-13-as tanévben a Neumann János Középiskola diákjainak egy csoportjával kutatómunkába kezdtünk, melynek célja volt, hogy megismerjék a tudományos kutatások módszereit, vizsgálatainak módját, eredményközlését, azok értelmezését, mindennapi problémák megoldásához valló felhasználásukat. A választott téma a táplálkozás kockázatonnövelő hatásának vizsgálata egyes civilizációs betegségek kialakulásában.

### **Célkitűzés**

A kitűzött kutatási feladat célja a gyakori népbetegségek, civilizációs megbetegedések és az étkezési szokások összefüggésének vizsgálata. A világon és hazánkban is a rákos megbetegedéseken kívül az olyan civilizációs betegségek, mint a magas vérnyomás, szív- és érrendszeri betegségek, keringési betegségek, kettes típusú diabétesz, illetve egyéb emésztőszervi megbetegedések a lakosság nagy részét érintik. Ezek kialakulásában a környezeti tényezőkön kívül, mint a levegő vagy vizek szennyezettsége, a mozgásszegény életmód, továbbá a lakosságra nehezedő és egyre növekvő stressz, valamint a táplálékaink is nagy szerepet játszanak. Célunk annak feltárása, hogy a fenti betegségek kialakulásának kockázatát milyen élelmiszer összetevők növelik vagy csökkentik, illetve, hogy milyen szerepet töltenek be a betegségek kialakulásában az étkezési szokások.

### **Irodalmi áttekintés**

A szakirodalmak feldolgozása során az egészen egyszerűektől indultunk. A diákok különböző tankönyvi leírások alapján meghatározták az egészség – betegség állapotát, majd a betegség állapotán belül a civilizációs betegségek csoportjára szűkítettük a kört. Először a civilizációs ártalmakat, majd a civilizációs betegségek felosztását vettük számba. A civilizációs ártalmak négy jellemző csoportja a következő: i) a fizikai aktivitás drasztikus csökkenése és egyoldalúvá válása, ii) stressz, iii) túlfogyasztás, iv) környezeti ártalmak. A civilizációs betegségek négy jellegzetes csoportja: i) keringési betegségek, ii) daganatos megbetegedések, iii) mozgásszervi betegségek, iv) idegrendszeri pszichés zavarok, betegségek (szendélybetegség, depresszió, kényszerességek, szorongások, félelmek). A civilizációs betegségek fő okának a táplálkozást, a nem megfelelő életkörülményeket illetve a környezetben levő szennyező anyagokat tartják (Barta, 2004.) .

Az irodalmi összefoglaló elkészítése során a diákok feladata egyre nehezedett: a tankönyvi leírások után, ismeretterjesztő, magyar leírásokat követően egyre speciálisabb cikkeket, statisztikai adatokat kellett feldolgozniuk. Ezek nehézsége egyrészt abban rejlett, hogy a szakcikk egy-egy szűk területre koncentráltak, másrészt ezeket a cikkeket már eredeti nyelven kellett megérteniük. Ezen időszakban a diákok megismerték a tudományos cikkek felépítését, nyelvezetét, szakszavakat is elsajátítottak, mely szervelesen épült be kiemelkedő nyelvtudásukba. Az irodalmi összefoglaló elkészítéséhez összesen tizenegy külföldi szakcikket dolgoztak fel a diákok.

A táplálkozás hatása a civilizációs betegségek kialakulásában vitathatatlan: ezen betegségek 85 %-át ugyanis a helytelen, nem megfelelő táplálkozással lehet összefüggésbe hozni. Elemeztük a Központi Statisztikai Hivatal 2009-es adatait is, mely szerint Magyarországon 2009-ben a halálozások több mint fele a szív- és érrendszeri betegségeknek tulajdonítható, ezek közül is a koszorúér-betegség a legfőbb halálok. A betegségek kialakulásában az örökletes tényezők mellett a dohányzás, a helytelen táplálkozás a mozgásszegény életmód is szerepet játszik. A helytelen táplálék jellemzője, hogy nem megfelelő összetételű, telített zsírokban gazdag, illetve túlzott mennyiségű zsiradékot, sok cukrot tartalmaz, kevés zöldség és gyümölcs fogyasztása.

A szív és érrendszeri megbetegedések és a táplálkozás kapcsolatán indulunk el, és kerestünk erre vonatkozó nemzetközi szakirodalmat. A táplálkozás és a szív- és érrendszeri betegségek közti összefüggés nemcsak hazánkban figyelhető meg, hanem tőlünk távoli területeken, például Kínában is, ahol köztudott, hogy a lakosság tradicionálisan alacsony zsírtartalmú ételeket fogyaszt. Egy Kínában elvégzett tanulmány szerint (Wang et al, 2003) az országon belüli földrajzi elhelyezkedés meghatározza az elfogyasztott ételmszer típusát, összetételét, melynek következtében bizonyos betegségek előfordulása is egy-egy területhez köthető. A gyakori **halfogyasztás** szoros összefüggést mutat a vörös vértetek dokozahexainsav (DHA) szintjével, ami egy többszörösen telítetlen, **antioxidáns hatású omega-3 zsírsav**, és fordított összefüggés figyelhető meg a szív és érrendszeri megbetegedések gyakoriságával. A kutatási eredmények szerint a halfogyasztásnak, de főként a **DHA** bevitelnek jótékony, egészségvédő hatása van.



A görögök étrendjét védő hatásúnak találták, pedig legalább annyi zsírt visznek be, mint a nyugatiak, de náluk a bevitt zsír főként olívaolajjal történik, aminek alacsony a telítetlen zsírsav- tartalma és magas az egyszerűen telített zsírsav mennyisége. **Eszerint tehát nem a bevitt zsír mennyisége, hanem sokkal inkább annak összetétele fontos.** Az alacsony zsírtartalmú étrend sem lehet feltétlen egészséges, mert túl kevés esszenciális zsírsavat tartalmaz, ami az érrendszer egészségéhez fontos.

A nyugaton nagy számban előforduló rákos megbetegedések (mell, vastagbél és prosztaták) Kínában ritkák és a szív és érrendszeri betegségek is csak 1%-át teszik ki a középkorúak halálozási arányának. Ennek egyik oka a telített és a transz zsírsavak alacsony bevitele és a halak, valamint a tengeri ételek fogyasztása a szív és érrendszeri betegségek alacsony számán kívül az immunrendszerre is pozitívan hatnak.

A mediterrán étrend főleg olívaolaj alapú, emiatt a zsírsav összetétel nagyban eltér, minek legfontosabb eleme az alfa-linolinsav tartalom. Az **alfa-linolinsav és a DHA kombinálása lenne a leghatékonyabb**, de ezeken kívül sok függ az időzítéstől, a genetikai sajátságoktól és az életviteltől.

A civilizációs betegségek további kiváltó oka az **inzulin-rezisztencia**, illetve annak következtében kialakuló betegségek, maradandó károsodások, mint például a cukorbetegség, anyagcserezavar, elhízás, szívkoszorúér betegség, magas vérnyomás, allergiás betegségek, mentális zavar, rákos megbetegedések. Az inzulínrezisztenciához vezető okok közé tartozik a dohányzás, glükokortikoidok, hormonális fogamzásgátlás, helytelen étkezési szokások, magas glikémiás indexű ételek fogyasztása, mozgásszegény életmód, gyógyszerek fogyasztása. Melnik (2009) tanulmánya szerint az inzulínrezisztencia során nő a szérumhormon szintje a szervezetben. A szérumhormon inzulín-szerű növekedési faktor (INF-1), fontos szerepet játszik a sejtburjánzásban, a sejt differenciálódásban és a programozott sejthalál gátlásában, csontnövekedésben, immunrendszer kialakításában. Az inzulín rezisztencia **kiváltó oka** maga az életmód is, káros, hogyha az emberre folyamatosan külső, inzulín-rezisztenciát fokozó faktorok hatnak.

A helytelen táplálkozás és a nem megfelelő életmód **vesebetegségek** kialakulásához is vezethet: a vesebetegségek kb. 40%-át **cukorbetegség** váltja ki. A fennmaradó közel 60 %-ért pedig különböző genetikai (öröklött) és

környezeti hatások felelősek. Például az USA lakosságának csaknem 10 %-a szenved valamilyen vesebetegségben, mely legfőképpen az elhízásnak és diabétesznek köszönhető (Levey, Coresh, 2012).

A civilizációs betegségek kialakulásában az életvitel meghatározó. Ebbe nemcsak a táplálkozás tartozik, hanem az egész életmódunk is: mozgás, sport, aktivitás, stressz...stb. A **stressz** szerepét bizonyos betegségek kialakulásában számos kutató vizsgálta. Kostelanetz (2009) egy kísérletét dolgoztuk fel vizsgálataink során: fogságban tartott seregélyeket, 18 napig tartó krónikus stressznek tette ki őket napi négy alkalommal, 30 perces ciklusokban. A kísérletben szereplő madarak szívverésének gyorsaságával követte a szimpatikus idegrendszer állapotát akut stressz esetén, továbbá a szívritmus változásával a szimpatikus és paraszimpatikus idegrendszer szívösszehúzódnak gyorsaságára gyakorolt kontrolláló hatását vizsgálta. A szívnek a fő szabályozója a szimpatikus idegrendszer, tartós stressz esetén, mert egyre nagyobb gyakorisággal fordul elő szívritmus zavar, mivel ilyenkor a szív összehúzódnak irányítását a paraszimpatikus idegrendszer helyett a szimpatikus idegrendszer végzi. A szimpatikus irányítás része a vészreakció kialakításának, így a szimpatikus idegrendszer hosszú ideig tartó aktivitása emiatt szívbetegségeket, például szívritmuszavart okozhat.

Az irodalmi összefoglaló második szakaszában a **létfontosságú szervek** (szív, tüdő, máj, vese) anatómiájára, funkciójára, élettani szerepére, megbetegedéseire gyűjtött ismereteket rendszereztük. Majd pedig a **főbb ételmisszer összetevők** (szénhidrát, fehérje, zsír, zsírsavak), valamint vitaminok, ásványi anyagok főbb élettani szerepét rendszereztük.

Ez utóbbi esetekben a diákok **előzetes ismeretekkel** rendelkeztek egyes szervek felépítésére, funkciójára, betegségeire vonatkozóan, illetve az alapvető tápanyagok, vitaminok tekintetében is volt korábbi ismeretük, ezt saját maguk rendszerezték, majd **egészítették ki** felsőoktatásban használatos élettan, anatómia, biokémia jegyzetek, tankönyvek információi alapján.

## Anyag és módszer

A civilizációs betegségek és a táplálkozás összefüggésének vizsgálatához a szakirodalom tanulmányozását követően a diákokkal különböző, ehhez kapcsolódó vizsgálatokat is elvégeztünk (anatómiai gyakorlat, élelmiszerkémiai meghatározások), majd eredményeinket egy egészségnap alkalmával mutattuk be az iskola diákjainak, tanárainak.

### Egyes létfontosságú szervek anatómiájának megismerése

A vizsgálatok során létfontosságú szervek anatómiáját ismerték meg a diákok saját maguk által végzett boncolási gyakorlaton, mely során állati szívet, májat, tüdőt és vesét vizsgáltak. A gyakorlat során az egyes szervek felépítését tanulmányoztuk, megkerestük és beazonosítottuk a korábban tanult részeket, fontosabb képleteket (Donáth, 2008/a, Donáth, 2008/b, Rigutti, 2006.), melyek latin elnevezéseivel is ismerkedtek. Jegyzőkönyvet és fotódokumentációt készítettünk a gyakorlatról, melynek menetét, tapasztalatait és eredményeit a kutatási eredményeinket összegző záródolgozatban mutattuk be. Az előzetesen, szakirodalmi leírások alapján kialakított anatómiai ismereteiket a gyakorlat során a diákok saját megfigyelésekkel, tapasztalatokkal egészíthették ki, teheték teljessé.

### Élelmiszer összetevők analitikai vizsgálata

#### a) Összes szénhidrát tartalom meghatározása

Gömblobbikba 5 ml vagy 5 g körüli mintát mérünk be és 130 ml desztillált vizet, 15 ml 37 %-os sósav-oldatot adunk hozzá, majd 2,5 órán keresztül vízhűtés mellett forraljuk, elszívófülke alatt. A szobahőmérsékletre hűtött oldatokat NaOH granulátummal és 25 %-os kénsavval semlegesítjük (pH=7). A kapott oldatokat 250 ml-es mérőlombikba jelre töltjük. 100 ml oldathoz 2 ml Carrez-I és 2 ml Carrez-II-t adunk, majd a keletkezett csapadékot redős szűrőn szűrjük. 5 ml mintához 5 ml desztillált vizet adunk, majd 5 ml Schoorl-B-t és 5 ml Schoorl-A-t, és három percig forraljuk, majd szobahőmérsékletre hűtjük. Ezekkel megegyező módon „vak” mintát is készítünk, mely mindent tartalmaz, amit a vizsgálandó minta, kivéve szénhidrátot. Az oldatokhoz vegyszeres kanálnyi kálium-jodidot, 1-5 ml keményítő oldatot adunk, majd 5 ml 25 %-os kénsav-oldattal való megsavanyítást követően azonnal titráljuk nátrium-tioszulfát mérőoldattal (0,1M Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

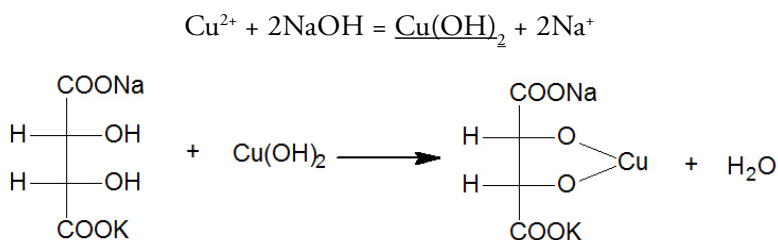
*b) élelmiszerek redukálócukor tartalmának meghatározása Schoorl módszerrel*

**Fogalom meghatározás:** redukáló cukor olyan mono- vagy diszacharid, amely elektronokat tud adni más molekuláknak, és ezzel redukáló ágensként fejt ki hatást. Ezt szabad keton vagy aldehid csoportok jelenléte teszi lehetővé. A redukáló cukrok a Schoorl módszerével kimutathatók és meghatározhatók.

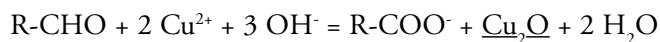
**A módszer elve:** közvetlenül vagy előzetes invertálás után mutatott redukáló hatás képezi a meghatározás alapját. A redukációs meghatározási módszerek reagense a Fehling-féle oldat. A mintaoldatban lévő redukálócukrokat ha szükséges Carrez-I/II-oldatokkal való derítés után meghatározott módon forrásig Cu (II) ionokat tartalmazó oldattal melegítjük, melyek cukorral arányos része Cu (I) ionná alakul. A Cu (II) felesleget jodometriásan határozzuk meg.

**Folyamat lépései:**

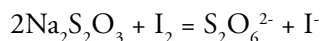
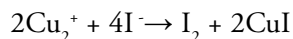
1. A cukortartalmú oldathoz pontosan ismert mennyiségben adjuk a Fehling I reagenst ( $\text{CuSO}_4$ ) és a Fehling II reagenst (NaOH és K-Na-tartarát). Lúgos közegben rézből, réz-hidroxid csapadék képződik, mely K-Na-tartaráttal (Seignette só) vízben jól oldódó komplexet képez:



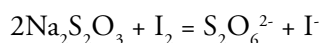
2. Melegítés hatására a redukáló cukrok aldehid csoportja Cu(II) hatására oxidálódik, miközben a Cu(II) Cu(I) redukálódik.



3. A reakcióelegyhez KI-ot adva, Cu(II) feleslegével savas közegben ekvivalens mennyiségű I<sub>2</sub> szabadul fel, s ennek mennyisége jodometriásan meghatározható Na-tioszulfát mérőoldat felhasználásával. A végpont észlelése keményítő indikátor alkalmazásával történik.



Az összesen hozzáadott Cu(II) és a megmért Cu(II) felesleg mennyiségének ismeretében kiszámíthatjuk, mennyi vett részt a redox reakcióban.



Az egyenértékponthoz a I<sub>2</sub> jellegzetes sárgás-barna színének eltűnését észleljük. A jód színének érzékelése keményítő adagolásával javítható. A jód a keményítő hélixével laza komplex-kapcsolatot alakít ki, amelynek jellegzetes kék színe a jód jelenlétére utal. Az egyenértékponthoz a jód → jodid átalakulás miatt a keményítő komplex megbomlik, pillanatszerűen tűnik el a kék szín.

### Eszközök, vegyszerek:

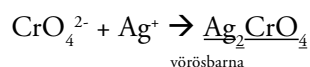
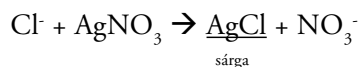
- Erlenmeyer lombik, mérőlombikok, redős szűrő, tölcsér, mérőpipetta,
- a titráláshoz-, melegítéshez szükséges eszközök
- ismeretlen cukor koncentrációjú minta
- 0,1 M-os Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mérőoldat,
- KI (szilárd)
- KIO<sub>3</sub>
- 25%-os kénsav oldat,
- 2%-os keményítőoldat,
- **Carrez-I.**: 15%-os kálium-ferrocianid oldat (K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]\*3 H<sub>2</sub>O)
- **Carrez-II.**: 30%-os cink-szulfát
- Fehling I. oldat: 7g kristályos réz-szulfát / 100 cm<sup>3</sup> oldat
- Fehling II. oldat: 35 g kálium-nátrium-tartarát és 10 g nátrium-hidroxid/ 100 cm<sup>3</sup> oldat

**Mérés lépései:**

- Minta bemérése, mérőlombikba mosása
- Mérőlombik jelre töltése desztillált vízzel
- Mintából 100 ml mennyiséget főzőpohárba mérünk
- 100 ml oldathoz 2 ml Carrez-I, és 2 ml Carrez-II adunk (főzőpohárban)
- szűrés (redős szűrőpapíron)
- a szűrletből 10 ml mintát Erlenmeyer lombikba mérünk, majd 10 ml Schoorl-I és 10 ml Schoorl-II reagenst adunk hozzá
- Forralás 3 percig
- Hűtés szobahőmérsékletre
- ~1,5g szilárd KI-t adunk a mintához
- 1 ml keményítő oldatot adunk a mintához
- 5 ml 25%-os  $H_2SO_4$
- a titrálást 0,1M  $Na_2S_2O_3$  oldattal végezzük
- fogyást feljegyezni
- vak készítése (7-15 pontok elvégzése minta nélkül, desztillált vízzel)

*c) Klorid meghatározása Mohr szerint*

**Meghatározás alapja:** A Mohr-féle csapadékos titrálást ezüst-nitrát mérőoldattal végezzük kálium-kromát indikátor jelenlétében. A titrálás megfelelő pontossággal, a kromátionok protonálódása miatt, csak semleges közegben végezhető el, tehát gyakorlatilag csak alkáli- és alkáli földfém-klorid ill. bromid mérésénél használható. Ha a titrálás folyamán az összes kloridion ezüst-klorid csapadék alakjában kivált és a mérőoldat feleslegbe került, az ezüstionok a kromáttal reagálva a csapadékos oldat sárga színétől eltérő, vörös színű csapadékot képez.



**Szükséges oldatok, anyagok:**

nátrium-klorid-oldat, ezüst-nitrát mérőoldat, kálium-kromát-oldat (5 %), univerzál indikátorpapír, nátrium-hidroxid-oldat (2 N), salétromsav-oldat (2 N).

**Mérés menete:**

- a vizsgálandó anyag törzsoldatából 25 ml-t egy 100 cm<sup>3</sup>-es Erlenmeyer lombikba pipettázunk
- desztillált vízzel kb. 50 cm<sup>3</sup>-re hígítjuk
- univerzál indikátorpapírral ellenőrizzük az oldat kémhatását. Ha szükséges, sav ill. lúg oldattal semlegesítjük (pH = 6-9).
- 1 cm<sup>3</sup> 5 %-os kálium-kromát oldatot adunk hozzá indikátorként
- 0,1 N ezüst-nitrát-oldattal addig titrálunk, míg a sárga csapadékos oldat színe halvány barna (drap) lesz
- megadandó: az eredeti oldat nátrium-klorid tartalma grammban kifejezve.

*d) Gyümölcsök, zöldségek C-vitamin tartalmának meghatározása*

**Meghatározás alapja:** a C-vitamin tartalom meghatározásának egyik lehetséges módja a jodometriás mérés. Ebben az esetben a C-vitamin oldatot KI-os I<sub>2</sub> oldattal titráljuk. A titrimetria vagy más néven a térfogatos analízis olyan meghatározási módszer, mely során ismert koncentrációjú mérőoldat meghatározott mennyisége reagál az ismeretlen koncentrációjú, azaz meghatározni kívánt minta bizonyos komponensével. Esetünkben a mérőoldat ismert koncentrációjú a KI-os I<sub>2</sub> oldat, a mérendő minta az Erlenmeyer lombikban levő oldat. A titrálás során a minta C-vitamin dehidro-aszkorbinsavvá alakul, tehát a kettős kötések mellett lévő hidroxilokról a hidrogének leoxidálódnak. A titrálás során indikátorként keményítőt alkalmazunk. Amíg a lombikban jelen van a C-vitamin a jód azzal reagál, mihelyt a C-vitamin elfogy a jód a keményítő molekulák spiráljába kötődik és megjelenik a kék szín. Az ekvivalencia pontot tehát a kék szín megjelenése jelzi.

**A meghatározás menete:** 10 gramm gyümölcsöt bemérünk, felaprítunk, majd dörzsmoszárban szétmorzsoljuk. Ezután Erlenmeyer lombikba mossuk,

majd  $10\text{cm}^3$  kénsav oldatot és  $1\text{ml}$  keményítő oldatot adunk hozzá. majd  $0,0025$  mólos jóddoldattal megtitráljuk. A fogyott jód térfogatának mennyiségéből kiszámítható a minta C-vitamin tartalma.

**Számolás menete:** A reakcióegyenletből megállapítjuk, hogy  $1$  mol C-vitamin hány mol jóddal reagál.

### *Egészségnap szervezése*

A kutatási időszak több hónapja alatt összegyűjtött információkat a civilizációs betegségek típusairól, főbb jellemzőikről, azok kialakulásának körülményeiről rendszereztük és tablókat, posztereket készítették a diákok belőle, hogy megismertessék az iskola valamennyi tanulóival. A tablókat a feldolgozott szakirodalmak információiból állították össze, különös tekintettel a civilizációs betegségek kialakulása és a táplálékok összetétele, táplálkozási szokások, életmód kapcsolatára. Az egészségnap alkalmával vetélkedők, versenyek, egészséges élelmiszerek asztala és sportbemutató színesítette a napot. A kutatásban részt vevő diákok kérdőívet állítottak össze, hogy felmérjék diáktársaik táplálkozási, sportolási szokásait.

### **Eredmények összefoglalása, hasznosíthatóságuk bemutatása**

A kutatás alapú tanulás (KAT) számos olyan előnnyel bír, mely a természettudományos tárgyak oktatása során fontos, és a hagyományos képzési módszerek során kevésbé érhető el. A problémafelvetés alkalmával igyekeztem aktuális, számukra is érdekes, érthető témát választani, mellyel kapcsolatban rendelkeznek előzetes ismeretekkel. A kutatás következő lépése a tájékozódás volt, mely során tájékozódtak az adott kérdéskörben, adatokat gyűjtöttek, válogattak, feldolgoztak. Az önálló problémamegoldás képessége és a csoportmunka során a másokkal való együttműködés is fejlődik az ilyen jellegű ismeretszerzések alkalmával. Fontos volt, hogy meglássák az összefüggéseket életmód, táplálkozás és bizonyos betegségek megjelenése között. Magyarázatokat kerestek, kommunikációs képességeik is fejlődtek, továbbá konfliktus kezelési képességek is fejlesztettek a KAT módszerrel.

A kutatási téma megválasztásakor szem előtt tartottam a részt vevő diákok életkorát, előzetes ismereteiket, valamint igyekeztem olyan összetett témát találni, mely minél több részterületből tevődjen össze. A változatos terüle-



ten szerzett ismeretek, mint például a szakcikkek feldolgozása, az anatómiai gyakorlatok, az élelmiszerkémiai vizsgálatok során nyert eredményeik mind olyan ismereteket jelentettek számukra, mellyel a hagyományos képzési keretek közt nem találkozhattak volt.

Hazai és nemzetközi szakcikkek feldolgozása során alapvetően a kitűzött kutatási témára vonatkozó szakirodalmat dolgoztuk fel, ismereteik, képességeik azonban széles körűen fejlődtek. A szövegértés, az értő olvasás természettudományos szövegek esetében kiemelkedően nehéz a mai diákok számára. A logikai kapcsolatok megtalálása, a cikk célkitűzésének és az ahhoz alkalmazott módszerek megismerése, eredményeinek értelmezése nem könnyű feladat ebben az életkorban. Ezen felül gazdagodtak hazai szakkifejezésekkel és a nemzetközi szakirodalom tanulmányozása során idegennyelvi kompetenciáik is fejlődtek. A fordításon túl a lényegkiemelés, szövegértelmezés, szövegtömörítés feladatit is el kellett végezniük. Megismerhették a tudományos cikkek általános felépítését, szerkezetét, nyelvezetét. Ezt követően pedig a saját témánkra vonatkozó releváns információkat összegyűjtve, rendszerezve, elkészítették saját irodalmi összefoglalójukat. Ezt megelőzte egy bevezetés és célkitűzés szakasz, ahol megfogalmaztuk munkánk céljait, hipotézisünket. Az irodalmi összefoglaló után a kutatás gyakorlati eredményeit is a szakdolgozatok felépítésének megfelelően rendszereztük.

Az egyes létfontosságú szervek anatómiájának megismerése során alaposan megismerkedhettek a diákok a létfontosságú szervek anatómiájával, felépítésével, működésével, betegségeivel. A középiskolai tananyagot egyetemi jegyzetek, élettankönyvek, anatómia atlaszok és saját boncolási vizsgálatok elvégzésével egészítettük ki. Fontos volt, hogy a felépítés, működés megismerésén túl a betegségek kialakulásához vezető fogyasztói magatartás is kellő hangsúlyt kapjon. A létfontosságú szervek működése, betegségei és a táplálkozás, életmód nem választhatók el egymástól.

Élelmiszer összetevők analitikai vizsgálata során a diákok által közkedvelt üdítők, sós snack-ek cukor, só és C-vitamin-tartalmát vizsgálták meg szakemberek segítségével. A saját maguk által végzett mérések eredményei, az üdítők cukortartalma, a kekszek sótartalma kézzelfoghatóbb volt számukra, mint ahogy egy élelmiszer címkén elolvasták volna. Megismerkedhettek az élelmiszerkémiai mérések lépéseivel, a minta előkészítésével, a reagensek szerepével, meghatározások menetével, eredmények kiértékelésével.

| élelmiszer neve | szénhidráttartalom | redukálócukor-tartalom | élelmiszer neve | sótartalom (g/100 g) |
|-----------------|--------------------|------------------------|-----------------|----------------------|
| Nestea          | 4,8 g / 100 ml     | 1,01 mg/100 ml         | Lays chips      | 1,68 ± 0,02          |
| Coca cola       | 10,6 g / 100 ml    | 10,45 mg/100 ml        | Tuc keksz       | 1,945 ± 0,01         |
| Cappy*          | 9,8 g / 100 ml     | 5,67 mg/100 ml         | Bake Rolls      | 3,002 ± 0,03         |
| Sió             | 13 g / 100 ml      | 4,60 mg/100 ml         |                 |                      |

1. táblázat: a vizsgált élelmiszerek szénhidrát, redukáló-cukor és sótartalma  
(\* - a vizsgált üdítő C-vitamin-tartalma 200 mg/l volt).

Egészségnap során a diákok által összeállított kérdőívek az iskola diákjainak táplálkozási, sportolási szokásait mérte fel, valamint azt, hogy a paravánon elhelyezett információk jelentettek-e újdonságot számukra:

- A kérdőíveket összesen 161 tanuló töltötte ki, mely iskolánk tanulóinak közel 20 %-a. A válaszadók 43 %-a fiú, 57 %-a lány. Sportolási szokásaikról a következők mondhatók el: a lányok több mint fele heti 4 alkalomnál kevesebbet sportol, 30 %-a 5-8 alkalommal hetente, csupán 10 %, aki kilenc alkalommal, vagy többször hetente. A fiúk 35 %-a sportol heti 4 alkalomnál kevesebbszer, 50 %-uk heti 5-8 alkalommal, 15 % pedig több, mint 9-szer.
- Táplálkozási szokásaik felmérését követően az alábbiak figyelhetők meg. A megkérdezett diákok 71 %-a eszik minden nap friss gyümölcsöt, zöldséget. Ez a lányok 56 %-a, míg a fiúk 44 %-a. A diákok 58 %-a nassol napi rendszerességgel. Ez a jelenség a lányok esetében gyakoribb: a lányok 65 %-a, fiúk csak 35 %-a nassol. nemcsak nemként, de korosztályonként is eltérő szokások figyelhetők meg: a 7-8. évfolyamos illetve a 11-12. évfolyamos diákok közel fele nassol, míg a 9-10. évfolyamos tanulók 72 %-a!
- A diákok 60 %-a reggelizik csupán, mely nem mutat nemre való különbséget, a reggeliző diákok fele lány, fele fiú. Korosztályonként sincs elérés, mindhárom korosztály esetében 60 % körüli a reggelizők aránya. A 7-10. évfolyamos reggeliző diákok 10 %-a nem otthon reggelizik, hanem büfében vagy gyorsétteremben, míg a 11 – 12. évfolyamos diákok közül aki szokott reggelizni, az mind otthon vagy a kollégiumban teszi ezt.

- Az étkezések gyakorisága: a diákok 66 %-a napi 3-4 alkalommal étkezik, 29 %-uk pedig 5 vagy több alkalommal naponta. Nemre, korosztályra nem volt megfigyelhető jellemző.
- Az egészségnapon a megkérdezettek 71 %-a új információkkal gazdagodott, ez a 7-8. évfolyamosok 80 %-a, a 9-10. évfolyamosok 74 %-a, a 11- 12. évfolyamosok 66 %-a. A korosztály szerinti csökkenő tendencia érthető, hiszen az életkor előrehaladtával illetve biológia oktatás során egyre többet tudnak a témára vonatkozóan. A poszterek, tablók összeállításánál igyekeztünk olyan információkat elhelyezni, mellyel minden korosztály és érdeklődési körű diák talál érdekességet. Az egészségnap hatására a kérdőívet kitöltő diákok 61 %-a változtatni szeretne egészségi szokásain a jövőben, ezt a megkérdezett 7 – 10. évfolyamos diákok 68 %-a válaszolta, a 11 – 12. évfolyamos diákok 53 %-a. Ez utóbbi csoport szokásai már jobban kialakultak, nehezebben változtatnak rajta, így az egészségnevelés az alsóbb évfolyamokon lehet hatásos.
- Összességében a megkérdezett diákok táplálkozási és sportolási szokásaival elégedettek lehetünk, bár a felmérést némiképp torzítja, hogy főleg azok diákok látogattak a programra, akiket egyébként is jobban érdekel az egészségük és az egészséges életmód.

A középiskolai keretek közt mindenféleképpen fontos, hogy ha nem is egy egész osztálynyi, de tehetséges, érdeklődő tanulók kisebb csoportjával folytassunk valamilyen számukra is érdekes, élvezetes kutatómunkát, mely során megismerkedhetnek a tudományos munka főbb lépéseivel: kérdésfeltevés, hipotézisalkotás, korábbi eredmények, szakcikkek tanulmányozása, saját vizsgálatok tervezése, elvégzése, a kapott eredmények kiértékelése, elemzése, közzlése. A hagyományos tanórai keret közt pedig szintén becsempészhető a KAT, egy-egy rövid leírással, érdekességgel. A tudományos kutatásokkal, azok eredményeivel való megismerkedés hozzájárulhat az áltudományok terjedésének lassulásához is. Felismerhetik azok jellegzetes nyelvezetét, az állítások, érvelések megalapozatlanságát, az esetleges indokolások hiányát, szakmaiatlanságát.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- BARTHA CSABA: A rekreáció elmélete és módszertana. Jegyzet - Semmelweis Egyetem, Testnevelési és Sporttudományi kar, Rekreáció Tanszék. Fitness Kft., Budapest, 2004.
- DONÁTH T.: Anatómia - élettan. Medicina Kiadó. 2008.
- DONÁTH T.: Anatómia atlasz. Medicina Kiadó. 2008.
- KOSTELANETZ, S., M.J. DICKENS, L. M. ROMERO: Combined effects of molt and chronic stress on heart rate, heart rate variability, and glucocorticoid physiology in European Starlings. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 154 (2009) 493–501.
- MELNIK, B.C.: Permanent impairment of insulin resistance from pregnancy to adulthood. The primary basic risk factor of chronic Western diseases. *Medical Hypotheses* 73 (2009) 670–678.
- LEVEY, A.S, J. Coresh: Chronic kidney disease. *Lancet* 379 (2012) 165–80.
- RIGUTTI A.: Anatómiai atlasz. Napraforgó 2005 Kft. 2006.
- WANG Y., M.A. CRAWFORD, J. CHEN, J. LI, K. GHEBREMESKEL, T.C. CAMPBELL, W. FAN, R. PARKER, J. LEYTON: Fish consumption, blood docosahexaenoic acid and chronic diseases in Chinese rural populations. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 136 (2003) 127–140.



## Tartalom

|   |     |
|---|-----|
| Kocsis-Tóth Titanilla – Emri Zsuzsa: A GABAerg rendszer vizsgálatának lehetősége az intracelluláris kalciumszint monitorozásával .....  | 3   |
| Dóbiás Judit – Emri Zsuzsa: Az epilepszia tünetei, diagnózisa, kezelése .....   | 23  |
| Stankovics Klaudia – Emri Zsuzsa: Az allergia élettani háttere és kezelésének lehetőségei .....   | 39  |
| Szűcs Péter – Péntzesné Kónya Erika: Mohaadatok az Eszterházy Károly Főiskola Botanikus Kertjéből (Eger) .....  | 53  |
| Vig Zsófia – Horotán Katalin – Varga János: Madár és kisemlős adatok az Eszterházy Károly Egyetem Botanikus Kertjéből (Eger) .....  | 59  |
| Gál Blanka: Adatok az egri termálvizek puhatestű faunájához .....   | 65  |
| Ötvös Sándor – Fűköh Levente – Varga János: A Kácsi langyos-forrás malakofaunájának vizsgálata .....  | 73  |
| Csipkés Roland – Frisóczki Bence – Varga János: Eger város halfaunája .....   | 87  |
| Vig Zsófia – Varga János: Adatok a Hevesi-sík kisemlősfaunájához gyöngybagoly <i>Tyto alba</i> (Scopoli, 1769), a réti fülesbagoly <i>Asio flammeus</i> (Pontoppidan, 1763) és az erdei fülesbagoly <i>Asio otus</i> (Linnaeus, 1758) bagolyköpet-vizsgálatok alapján ..... | 95  |
| Virág Diána: Új pedagógiai módszerek középiskolai oktatásban való alkalmazásának bemutatása a „Táplálkozás kockázatnövelő hatásának vizsgálata egyes civilizációs betegségek kialakulásában” című diákkutatáson keresztül .....   | 109 |