

MAGYAR ÁLLATORVOSOK LAPJA

Hungarian Veterinary Journal
Vol. 145. No. 10. – Budapest, October 2023
Established by Prof. B. Nádaskay, 1878

Elhalásos heregyulladás egyiptomi homoki boában

SERTÉS

A PRRS-mentesítés során alkalmazott teljes állománycsere hatása a magyarországi vágósertés-előállításra

KISÁLLAT

Kisagyi abiotrophia Border Collieban

ÁLLATKERTI ÁLLAT

Gyomormegterhelés és helyzetváltozás barnamedvében

EGZOTIKUS ÁLLAT

Salmonella enterica subspecies *enterica* serovar Farmingdale okozta elhalásos heregyulladás egyiptomi homoki boában

DIAGNOSZTIKA

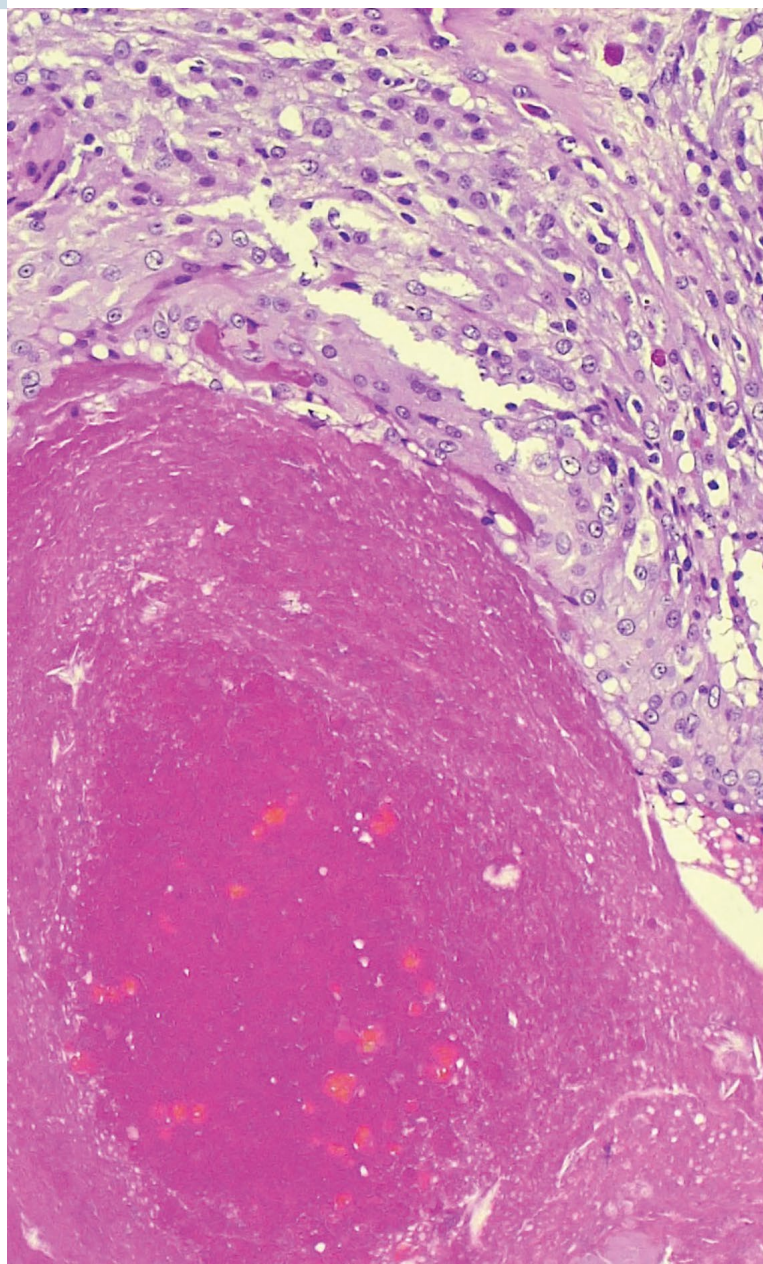
A LAMP-technika fő alkalmazási lehetőségei az állatorvostudományban

NÖVÉNYTAN

Mérgező zuzmók, zuzómérgezések – kalandozások a zuzmók világában

AKADÉMIAI BESZÁMOLÓK

Élelmiszer-higiénia
Állategészségügyi Igazgatás



Miben fog segíteni neked a myElanco állatorvos?



- Hozzáférést kapsz letölthető **szakmai anyagokhoz**, illetve testre szabott cikkekhez a fajok igényi szerint
- Hozzájuthatsz az állatorvosi világ legújabb **szakmai híreihez**, melyek birtokában naprakész leszel
- Megtalálod az Elanco **termékinformációk teljes választékát**
- Letölthető, tulajdonosoknak szóló, edukációs tartalmak, melyek segítségével támogathatod ügyfeleidet abban, hogy **tudatos és felelős** állattartók legyenek
- **Termékinformációkat** olvashatsz majd (SPC)

Látogass el a weboldalunkra, regisztrálj és légy te is a myElanco állatorvos felhasználója, és élvezd előnyeit!



Az Elanco és az átlós sáv védjegyek, melyek az Elanco vagy leányvállalatainak birtokában vannak.

© 2023 Elanco. EM-HU-23-0140

ElancoTM

SERTÉS / PORCINE

- 579.** Szabó I., Nemes I., Ózsvári L.:
A PRRS-mentesítés során alkalmazott teljes állomány-
csere hatása a magyarországi vágósertés-előállításra
I. Szabó, I. Nemes, L. Ózsvári:
The impact of complete depopulation-repopulation
approach on slaughter pig production in Hungary during
the PRRS eradication

KISÁLLAT / SMALL ANIMALS

- 585** Molnár T., Emri Zs., Antal K.: Kisagyi abiotrophia
Border Collieban
T. Molnár, Zs. Emri, K. Antal: Cerebellar abiotrophy
in Border Collie

ÁLLATKERTI ÁLLAT / ZOO ANIMALS

- 597.** Nógrádi A. L., Kertész P.: Gyomormegterhelés és
helyzetváltozás barnamedvében (*Ursus arctos*,
Linnaeus, 1758)
A. L. Nógrádi, P. Kertész: Gastric dilatation and volvulus in a
brown bear (Ursus arctos, Linnaeus, 1758)

EGZOTIKUS ÁLLAT / EXOTIC ANIMALS

- 605.** Gál J., Zsízsis Á., Vincze Z., Halász G., Kanyorszky T.,
Nógrádi A. L., Mándoki M., Makrai L.: *Salmonella enterica*
subspecies *enterica* serovar Farmingdale okozta
elhalásos heregyulladás egyiptomi homoki boában
(*Eryx colubrinus colubrinus*, Linnaeus, 1758)
J. Gál János, Á. Zsízsis, Z. Vincze, G. Halász, T. Kanyorszky,
A. L. Nógrádi, M. Mándoki, L. Makrai: Necrotic inflammation
of the testis caused by Salmonella enterica subspecies
enterica serovar Farmingdale in an Egyptian sand boa
(*Eryx colubrinus colubrinus*, Linnaeus, 1758)

DIAGNOSZTIKA / DIAGNOSTICS

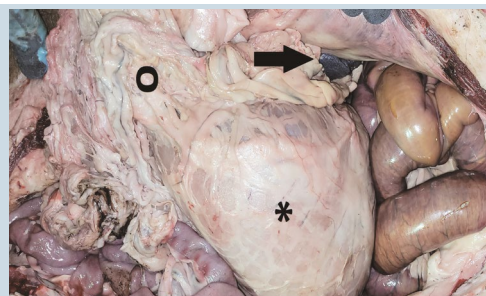
- 611.** Zorkóczy K. O., Bujtor Zs., Szives A., Ózsvári L.,
Wagenhoffer Zs., Zenke P.: A LAMP- (hurok által
közvetített izotermikus sokszorosítás) technika fő
alkalmazási lehetőségei az állatorvostudományban
Irodalmi összefoglaló
O. Zorkóczy K., Zs. Bujtor, A. Szives, L. Ózsvári, Zs.
Wagenhoffer, P. Zenke: The main application possibilities
of the LAMP (Loop-mediated Isothermal Amplification)
technique in veterinary science
Literature review

NÖVÉNYTAN / BOTANY

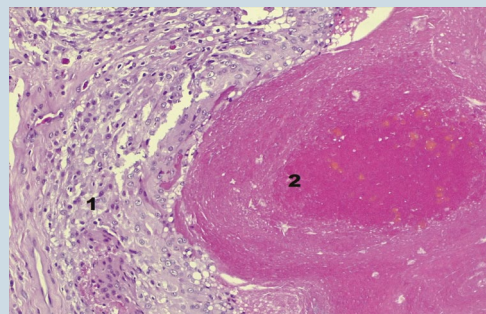
- 625.** Vetter J.: Mérgező zuzmók, zuzmómérgezések –
kalandozások a zuzmók világában
Irodalmi áttekintés
J. Vetter: Poisonous lichens, lichen poisonings –
adventures in the world of lichens
Literature review

AKADÉMIAI BESZÁMOLÓK

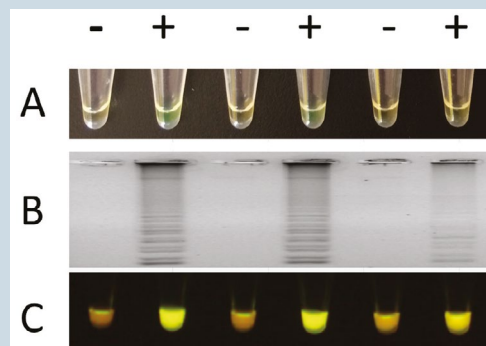
- 639.** Élelmiszer-higiéniá
Állategészségügyi Igazgatás



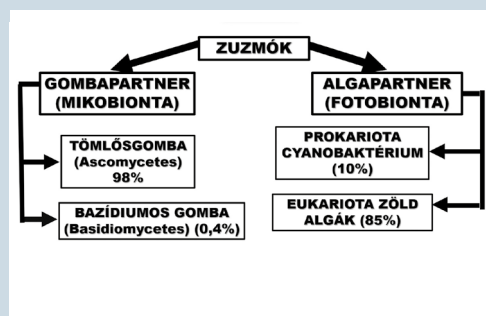
601. Gyomorcsavarodás barnamedvében



609. Elhalásos heregyulladás homoki boában



613. LAMP-reakció eredménye



627. A zuzmókat alkotó szervezetek

A folyóiratot indexeli és referálja/The journal is indexed and abstracted by: CAB Abstracts (CABI), Science Citation Index Expanded, Zoological Record, BIOSIS previews (Thomson Reuters), Scopus (Elsevier).
Tartalom/Contents: Current Contents – Agriculture, Biology & Environmental Sciences (Thomson Reuters)

Ingyenes mutatószám kérhető a főszerkesztőtől/Free sample copies are available from the editor-in-chief: H-1078 Budapest, István utca 2. Hungary
Megrendelhető a fenti címen a szerkesztőségtől/
Subscription orders to the Editorial Office (address above)

*** Internet address
(English contents pages, subscription price, etc.)
<http://www.univet.hu/mal>



A kép forrása: Fortepan/Kotnyek Antal

Ebdüh, vízkór, veszettség

A veszettség régóta és sokféle néven ismert betegség. A védőoltás megjelenése előtt a már beteg állat vagy ember gyógyítására a legkülönbözőbb praktikákat alkalmazták. A XVI. században kőrishogár elfogyasztását, más helyen pedig ráolvasást ajánlottak. A XVIII. század végén füvekkel összekevert porított kőrishogarat kellett megfelelő időben, pálinkával keverve elfogyasztania a megmart embernek a gyógyulásért.

A veszettséggel, mint betegséggel járó halálozás tudományosan megalapozott megelőzésére szolgáló vakcina feltalálása előtt, sőt sokáig még utána is nagy népszerűségnek örvendtek ezek a sok esetben valós tapasztalatokkal sem alátámasztható népi gyógymódok.

PASTEUR (1885) nevéhez köthető a veszettség elleni védőoltás, amelyet sokáig vélhetően fertőződött embereken alkalmaztak. A megszerzett tudást háziállatok tömeges megelőző oltására hazánkban nem használták fel, annak ellenére, hogy gazdaságilag indokolt lehetett volna. 1899-ben pl. „egy veszett eb miatt 55 szarvasmarhát és két lovat kellett kiirtani”, 1910-ben pedig egy „veszett pásztorkutya 24 szarvasmarha pusztulását idézte elő”.

Az 1920-as évek végére AUJESZKY „szérumai minden esetben biztos hatásuknak bizonyultak”, olvashatjuk az Új Barázda című lapban. Emellett egyre többen és több helyen szóltak fel az ebek és más állatok veszettség elleni védőoltásának kötelezővé tételéért az ország gazdasági érdekeire hivatkozva, pl. kőrishogárosok, vármegyei főállatorvosok, végül egész megyei képviselőtestületek.

Első ízben 1933-ban, a gödöllői járásban hozott Pest vármegye törvényhatósági bizottsága olyan szabályrendeletet, amely szerint a kutyákat kötelező veszettség ellen beoltani.

A fent látható kép 1954-ben készült Szabadszentkirályon (Baranya vármegye), a Petőfi Sándor utcában, ahol éppen kutyák veszettség elleni oltása történt a Községi Tanács (ma Községháza) előtt. A kép előterében az állatorvos, a gazda és az oltást kapó kutya áll, a háttérben pedig az 1849-ben épített Szent István király templom.

Winkler Bea

FŐSZERKESZTŐ / EDITOR-IN-CHIEF

Dr. BALKÁ Gyula

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG / EDITORIAL BOARD

Dr. Abonyi Tamás
 Dr. Balka Gyula (elnök), Dr. Bándy Pál
 Dr. Bíró Ferenc, Dr. Bodó Gábor
 Dr. Búza László, Dr. Dunay Miklós Pál
 Dr. Farkas Róbert, Dr. Fekete Sándor György
 Dr. Fodor László, Dr. Gál János
 Dr. Gálfi Péter, Dr. Gönczi Gábor
 Dr. Jakab Csaba, Dr. Jerzsele Ákos
 Dr. Korzenszky Emőd, Dr. Laczay Péter
 Dr. Magyar Tibor, Dr. Manczur Ferenc
 Dr. Molnár Viktor, Dr. Nagy Béla
 Dr. Nemes Imre, Dr. Németh Tibor
 Dr. Ózsvári László, †Dr. Sályi Gábor
 Dr. Seregi János, Dr. Solti László
 Dr. Sótonyi Péter, Dr. Szieberth István
 Dr. Tóth Balázs, †Dr. Tuboly Tamás
 Dr. Varga János, †Dr. Vetési Ferenc
 Dr. Visnyei László, Dr. Vörös Károly

SZERKESZTŐSÉGI TITKÁR

Tóth Zsuzsanna

SZERKESZTŐSÉG / EDITORIAL OFFICE

H-1078 Budapest, István u. 2. Hungary
 Levélcím: 1400 Budapest 7. Pf. 2.
 Telefon/fax: (36-1) 341-3023
 Internet: <http://www.univet.hu/mal>
 E-mail: mal@univet.hu

KIADÓ / PUBLISHER

Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.
 H-1223 Budapest, Park u. 2.
 Telefon: (36-1) 362-8130
 Telefax: (36-1) 362-8104
 Internet: www.agrarlapok.hu
 E-mail: info@agrarlapok.hu
 Felelős kiadó: Bozzay Péter ügyvezető

HIRDETÉSEK FELVÉTELE

Telefon: (36-70) 232-4231, (36-1) 362-8130
 Telefax: (36-1) 470-0410
 E-mail: info@agrarlapok.hu

Minden jog fenntartva. A lapból értesüléseket átvenni csak a Magyar Állatorvosok Lapjára való hivatkozással lehet. A hirdetések és egyéb reklámkiadványok tartalmáért a kiadó felelősséget nem vállal.

LAPTERV

made by zwoelf – www.zwoelf.hu

TERVEZŐSZERKESZTŐ

Kismaros R Réka

NYOMÁS

Zemplén-Vektor Kft.
 3900 Szerencs, Csalogány köz 5.

INDEX: 25531

HU ISSN 0025-004X (Nyomtatott)

HU 3003-9924 ISSN (Online)

A KIADÁST TÁMOGATJA (SPONSORED BY)

Agrárminisztérium
 MTA Könyv- és Folyóiratkiadó Bizottsága

LAPTULAJDONOS



KIADÓ



The impact of complete depopulation-repopulation approach on slaughter pig production in Hungary during the PRRS eradication

I. Szabó¹
I. Nemes¹
L. Ózsvári^{2,3*}

1. Nemzeti PRRS Mentésítési Bizottság, H-1024, Budapest, Keleti Károly utca. 24.

2. Állatorvostudományi Egyetem, Gazdaságtudományi és Biostatistikai Intézet, Törvényszéki Állatorvostani és Gazdaságtudományi Tanszék, Budapest

3. Fertőző Állatbetegségek, Antimikrobiális Rezisztencia, Állatorvosi Közegészségügy és Élelmiszerlánc-biztonság Nemzeti Laboratóriuma, Állatorvostudományi Egyetem, Budapest

*e-mail: ozsvari.laszlo@univet.hu

A PRRS-mentesítés során alkalmazott teljes állománycsere hatása a magyarországi vágósertés-előállításra

Szabó István¹, Nemes Imre¹, Ózsvári László^{2,3*}

ÖSSZEFOGLALÁS

A sertésenyésztésben a termelés hatékonyságának az egy kocára jutó vágósertések hasított súlya az egyik meghatározó mutatója. Magyarországon a 2014 és 2022 lezajlott sikeres PRRS-mentesítés során az állományok teljes cseréje volt a leggyakrabban alkalmazott mentesítési módszer (a fertőzött állományok 94%-ában). A mentesítés kezdő évében, 2014-ben a kocánkénti éves hasított súly 1728 kg volt, ami a mentesítés befejező évére, 2022-re 2647 kg-ra nőtt (53%-os növekedés). Ez alapján a termelőknek érdemes megfontolni meghatározott időközönként a teljes állománycserét a telepük profitabilitásának növelésére.

SUMMARY

Background: During the PRRS eradication, which was successfully implemented in Hungary between 2014 and 2022, the most frequently used approach was the complete depopulation-repopulation. During this process, the infected herds were replaced by pig populations being free not only of PRRSV, but also of other infectious swine diseases (mycoplasmosis, actinobacillosis, atrophic rhinitis, scabies, etc.) and having a better genetic capacity.

Objectives: The aim of this study was to investigate the impact of the complete depopulation-repopulation approach on slaughter pig production during the PRRS eradication in Hungary between 2014 and 2022.

Materials and Methods: The authors analyzed the change in the total carcass weight of slaughter pigs per sow per year, production parameter during the PRRS eradication period in Hungary between 2014 and 2022, in which process the most frequently used approach (in 94% of the originally PRRSV infected farms) was the depopulation-repopulation.

Results and Discussion: The annual number of slaughter pigs per sow was 17.09 and total live weight of slaughter pigs per sow per year was 2417 kg in 2014, the starting year of the eradication, which rose to 26.12 pigs (+53%) and to 3238 kg (+51%) by 2022, the final year of the program. The annual carcass weight of slaughter pigs per sow rose from 1728 kg to 2647 kg (+53%) between 2014 and 2022. These results suggest that the swine producers should consider complete depopulation-repopulation of their herds at certain intervals to improve the production parameters and, ultimately, the profitability of their farms.

SERTÉS

Magyarországon a piacgazdaságra való áttérés időszakában a sertéstenyésztésben is központi feladattá vált a termelés hatékonyságának, profittermelő képességének növelése. Ehhez meg kellett határozni azokat a fajlagos (pl. egy kocára vetített) termelési mutatókat, amelyek jelentősen befolyásolják a sertéstelepek nyereségességét, a beruházások megtérülését [1]. A sertéstelepeken előforduló különböző fertőző betegségek, pl. PRRS [2–9], mycoplasmosis, actinobacillosis, torzító orrgyulladás [10, 11], parvovirozis [12], sertésdysenteria [13], proliveratív enteropathia [14] és parazitózisok [15] jelentősen ronthatják a termelési mutatókat, így a termelés profitabilitását, mind a tenyésztés, mind a hizlalás a szakaszában [16–19].

A 2012-ben kidolgozott sertéságazati stratégiának része volt a PRRS-től való mentesítés

Magyarországon a mentesítés megkezdése előtt a PRRS által okozott éves gazdasági kár nagysága kb. 5 milliárd forintra volt becsülhető

Magyarországon a sertéságazat nemzetközi versenyképessége fokozása céljából 2012-ben kidolgoztak egy sertéságazati stratégiát [20], amelynek szerves része volt az ország sertésállományának mentesítése a sertések reprodukciós zavarokkal és légzőszervi tünetekkel járó szindrómájától (porcine reproductive and respiratory syndrome, PRRS) [21]. Azért ez a betegség került kiválasztásra, mert a korábban végzett felmérések alapján a hazai állományok közel negyede fertőzött volt a PRRS vírusával és a nemzetközi felmérések alapján a PRRS az egyik legnagyobb gazdasági veszteséget okozó fertőző betegség a sertéstartásban [22–27]. A PRRS-fertőzés szaporodási zavarokat (pl. vetelés, újszülött malacok elhullása, csökkent életképességű malacok születése) és a növendék sertéseknél légzőszervi tüneteket okozhat, aminek következtében valamennyi főbb hizlalási mutató esetében (napi testtömeg-gyarapodás, takarmányértékesítés, elhullás) jelentős romlás fordulhat elő [24, 26].

Magyarországon a mentesítés megkezdése előtt a PRRS által okozott éves gazdasági kár nagysága kb. 5 milliárd forintra volt becsülhető [27, 28]. A 2014-ben megkezdett mentesítés 2022-re a sertéságazat valamennyi szektorában sikerrel fejeződött be, 2022 végére Magyarország teljes sertésállománya megszabadult a betegséget okozó virulens vírustól [8, 27]. A nagylétszámú tenyészállományok mentesítése során a teljes állománycsere volt a leggyakrabban alkalmazott mentesítési eljárás [2, 3, 6–8, 27, 28], de több telep esetében a tenyészállomány vakcinázással történő PRRS-stabilizálást követően az utódállomány vírusmentes felnevelésével érték el a mentes státuszt [9]. A teljes állománycsere alkalmazását követően az újraterlepitett állomány nem csak a PRRS, de számos egyéb betegség kórokozójától (mycoplasmosis, actinobacillosis, sertésdysenteria, torzító orrgyulladás, rühösség) is mentes, magas állategészségügyi státuszú állomány volt [8, 27].

Kutatásunk célja az volt, hogy a magyarországi PRRS-mentesítés során alkalmazott teljes állománycsere milyen hatást gyakorolt a sertéstartás jövedelmezőségét elsősorban meghatározó kocánkénti vágósertés-előállítás mutatóira 2014 és 2022 között.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Elemzésünkben az egy kocára jutó éves vágósertésszámot, továbbá az egy kocára eső éves hasított vágósúlyt vizsgáltuk, mint a sertéstartás jövedelmezőségét elsősorban meghatározó termelési mutatókat a 2014 és 2022 közötti időszakban országos szinten.

Az egy kocára jutó vágósertések hasított súlyának magyarországi átlagát az adott évben a következő módon számítottuk ki:

egy kocára jutó vágósertések hasított súlya = [(a levágott összes sertés hasított súlya – a levágott összes koca hasított súlya) – (az összes import vágósertés hasított súlya + az összes export vágósertés hasított súlya)] / az adott év kocalétszáma

Kiszámolták az egy kocára jutó vágósertések hasított súlyának magyarországi átlagát

A termelési mutató kiszámításához a következő hivatalos statisztikai adatbázisokat használtuk fel:

- 1.) A Központi Statisztikai Hivatal (KSH) adatai alapján Magyarországon az adott év december 1. napján meglévő teljes sertésállományát és ezen belül kocaállományát [29].
- 2.) Az Agrárközgazdasági Intézet (AKI) Agrárstatisztikai Információs Rendszerének (ASIR) adatai alapján hány darab vágósertést és ebből mennyi anyakocát milyen hasított súlyban vágta le az adott évben. Az összes vágósertés hasított súlya az összes levágott sertés hasított súlyának és az összes levágott koca hasított súlyának a különbsége [30].
- 3.) A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Élelmiszerlánc-felügyeleti Információs Rendszere (NÉBIH FELIR), ill. az EU Sante Traces rendszerének adatai alapján az adott évben az azonnali vágásra importált és az azonnali vágásra exportált sertések darabszámát. Ezt a számot a vágósertések átlagos hasított súlyával számoltuk [31].

Az egy kocára eső éves vágósertésszámot, ill. az egy kocára eső éves élő vágósúlyt BALTAY 1998-ban [1], BÍRÓ és mtsai 1999-ben [16] és SZABÓ és mtsai [23] 2023-ban megjelent tanulmányaiban szereplő adatok összehasonlításával határoztuk meg.

A PRRS-mentesítés során a fertőzött telep minősítésből mentessé lett telepek 94%-a teljes állománycserével érte el a mentes státuszt [6-8,27-28], a többi sertéstelep vakcinázott mentes minősítést kapott [9], így azt vélelmezzük, hogy az országos, egy kocára eső hízóelőállítás mutatókban bekövetkezett javulás alapvetően az állománycserének köszönhető a mentesítés 2014–2022 közötti időszakában.

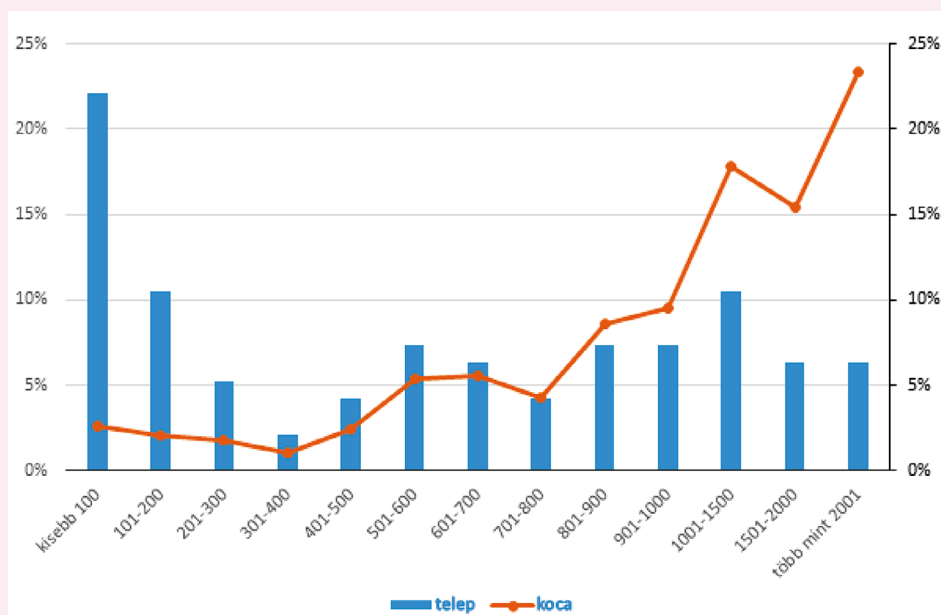
A PRRS-mentesítés során a fertőzött telepek 94%-a teljes állománycserével érte el a mentes státuszt

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁS

A PRRS-mentesítést a teljes állománycsere alkalmazásával végrehajtó telepek közül 500 kocánál kevesebbet tartott a telepek 44%-a, és ezen telepek az összes lecserélt kocaállomány 10%-át tették ki. 501–1000 koca között 33%-a volt a telepeknek, és ők az összes lecserélt kocaállomány ugyancsak 33%-át reprezentálták. Az állománycserélt telepeknek összesen 23%-a volt 1001 koca feletti, de ők az összes lecserélt kocaállomány 53%-át adták (Ábra).

ÁBRA. Teljes állománycserével PRRS-mentesített állományok aránya kocalettség szerint Magyarországon (2014–2022)

FIGURE. Share of herds eradicated from PRRS by depopulation-repopulation approach according to sow number in Hungary (2014–2022)



**A kocánkénti
vágósertések éves
hasított súlya
53%-kal nőtt a
vizsgált periódusban**

Az 1. táblázat mutatja az egy kocára jutó vágósertések éves hasított súlyának alakulását Magyarországon 2014–2022 között (a PRRS-mentesítés időszakában) a rendelkezésre álló hivatalos statisztikai adatok alapján, és látható, hogy a kocánkénti vágósertések éves hasított súlya 53%-kal nőtt a vizsgált periódusban. A vágósertések tökehúsának ÁFÁ-ja 2014 januárjától csökkent 27%-ról 5%-ra és azóta nem változott, így azonos adózási körülmények között működésben tudtuk vizsgálni a sertéságazat teljesítményét. Bár a kocák létszáma érezhetően, 26%-kal csökkent a vizsgált periódusban, a kocánkénti vágósertések éves hasított súlya több mint felével nőtt, így összességben a Magyarországon megtermelt hasított súly mennyisége 25%-kal nőtt, vagyis a hazai sertéságazat versenyképessége jelentősen javult. Ez összhangban van a vizsgált periódus más hazai sertéságazati paramétereiben bekövetkezett javuló tendenciáival [28], és valószínű oka – amit a fokozatos, évenkénti javulás is megerősít –, hogy a PRRS-fertőzött sertésállományokat az országos mentesítés során genetikailag és állategészségügyileg is sokkal magasabb szintű termelő állományokra cserélték le.

1. TÁBLÁZAT. A magyarországi vágóhidakon az egy kocára jutó éves hasított vágósertések súlyának alakulása (2014–2022)

TABLE 1. Annual carcass weight per sow in Hungarian slaughterhouses (2014–2022)

	Vágósertések hasított súlya (t)	Változás (2014 = 100%)	Vágósertések száma (anyakocák nélkül, db)	Vágósertések átlagos hasított súlya (kg/db)	Import vágósertések hasított súlya (t)	Export vágósertések hasított súlya (t)	Magyarországon megtermelt hasított súly (t)	Kocaelétszám (ezer db)	Kocánkénti éves hasított vágósertés súlya (kg/koca)	Változás (2014 = 100%)
2014	356 348	100%	4 006 178	88,9	34 613	24 119	345 853	200,2	1728	100%
2015	360 643	101%	4 361 655	82,7	36 597	16 470	340 515	196,8	1730	100%
2016	378 020	106%	4 569 943	82,7	34 278	17 323	361 065	177,4	2035	118%
2017	383 380	108%	4 672 078	82,1	42 425	11 636	352 591	171,5	2056	119%
2018	381 580	107%	4 611 649	82,7	41 282	21 971	362 269	177,9	2036	118%
2019	386 026	108%	4 533 589	85,1	39 692	25 468	371 802	155,3	2394	139%
2020	401 024	113%	4 626 184	86,7	48 451	26 333	378 906	163,6	2316	134%
2021	447 049	125%	4 780 324	93,5	49 453	24 093	421 690	156,9	2688	156%
2022	415 999	117%	4 466 338	93,1	45 229	20 491	391 262	147,8	2647	153%
Forrás	AKI ASIR			Számított értékek				KSH	Számított értékek	

BALTAY [1], BÍRÓ és mtsai [16] és SZABÓ és mtsai [28] adatai alapján kiszámítottuk az egy kocára eső vágósertések száma és élősúlya mutatóiban bekövetkezett változás nagyságát 1999, továbbá a PRRS-mentesítés kezdő (2014) és befejező (2022) éve között (2. táblázat). Ennek alapján a kocánkénti éves vágósertésszám az

2. TÁBLÁZAT. Az egy kocára eső vágósertés-termelés főbb paramétereit Magyarországon

TABLE 2. Main parameters of slaughter pig production per sow in Hungary

Mutató	1999	2014	2022	Változás (%) (2022/1999)	Változás (%) (2022/2014)
Kocánkénti vágósertésszám (db/koca/év)	14,88	17,09	26,12	176	153
Kocánkénti vágósertés élősúly (kg/koca/év)	1610	2147	3238	201	151

1999 és 2014 között hazánkban 15%-kal nőtt a kibocsátott vágósertések egy kocára eső éves száma

A teljes állománycsere a sertéstelepek genetikai és állategészségügyi színvonalának emelésével tovább javította a főbb termelési mutatókat

1999-es 14,88 értékről 2022-re 26,12-re, míg a kocánkenti éves vágósertés élősúly 1610 kg-ról 3238 kg-ra növekedett.

BALTAY 1998-ben az alábbi főbb tényezőket állapította meg fontossági sorrendben, amelyeknél a hazai sertéságazat működését javítani kell: a telepek technikai/technológiai állapota, takarmányok megfelelő beltartalma, a biológiai alapok fejlesztése és a minőségbiztosítás bevezetése [1]. A biológiai alapok fejlesztése alatt elsősorban a tenyésztési munka és a sertésállományok genetikai állományának fejlesztését értette. Magyarország 2004-es Európai Unió csatlakozása jelentős agrártámogatásokhoz nyitott utat [32], így 1999 és 2014 között jelentős sertéstelepi beruházásokra, rekonstrukcióra és fejlesztésekre került sor a hazai sertéstelepeken. Ezen túlmenően jelentősen javultak az etetés technológiai feltételei és ezáltal a feletetett takarmányok minősége is, továbbá bevezetésre került a minőségbiztosítás a sertésvágás során, amely tényezők hatására 1999 és 2014 között 15%-kal nőtt a kibocsátott vágósertések egy kocára eső éves száma, és 33%-kal a vágósertések egy kocára eső éves élősúlya.

Ezt követően 2014-ben indult el állami támogatással a kötelező országos PRRS-mentesítés program, amely során a fertőzött sertéstelepek 94%-a teljes állománycserevel érte el a PRRS-mentességet [6–8, 27, 28]. A teljes állománycsere a sertéstelepek genetikai és állategészségügyi színvonalának emelésével tovább javította a sertéstartás jövedelmezőségét alapvetően meghatározó főbb termelési mutatókat: 53%-kal nőtt az egy kocára eső vágósertések éves száma, és 51%-kal a vágósertések egy kocára eső éves élősúlya. Ha az 1999 és 2022 közötti időszakot nézzük, akkor pedig összességben 76%-kal nőtt az egy kocára eső vágósertések éves száma, és megduplázódott azok egy kocára eső éves élősúlya (!). A termelési mutatók intenzívebb javulása viszont a 2014 utáni, vagyis a PRRS-mentesítés megkezdését követő időszakra tehető, amikor nagyon sok, és az árutermelés szempontjából alapvetően meghatározó nagylétszámú fertőzött sertéstelepen teljes állománycsere hajtottak végre a mentesség elérése érdekében [2, 3, 6–8, 27, 28]. A teljes állománycsere során a termelők a korábbi, jellemzően hármamentes (brucellosis, Aujeszky-betegség, leptospirosis), de PRRS-fertőzött állományukat olyan, többnyire 8–10 fertőző betegségtől mentes (az előbb említettekén túl: mycoplasmosis, actinobacillosis, torzító orrgyulladás, sertésdysenteria, rühösség), magas állategészségügyi státuszú és fejlettebb genetikát képviselő állományokra cserélték, amelyek teteménységessége szignifikánsan meghaladta a korábbi években tartott állományokét.

A bemutatott eredmények is alátámasztják, hogy hosszú távon a telepek profitabilitásának meghatározó eleme a termelő állomány állategészségügyi státusza, minél több betegségtől mentes állapota [17, 18]. Mindez azt is jelenti, hogy meglévő, akár számos fertőző betegséggel terhelt termelő állományhoz való, évtizedeken keresztül tartó ragaszkodás jelentős többletjövedelemtől fosztja meg a sertéstartókat. Megfelelő gazdasági számítások alapján el lehet dönteni, hogy mi az optimális időpont a teljes állománycsereére, ami a gyors genetikai előrehaladás [19] és számos, jelentős gazdasági kárt okozó fertőző kórokozótól való megszabadulás révén (pl. sertések különböző légzőszervi kórokozói [10, 11], parvovírus [12], sertésdysenteria [13] és proliveratív enteropathia [14]) – a leggazdaságosabb megoldás lehet az adott telep profitabilitásának növelésére.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az RRF-2.3.1-21-2022-00001 számú projekt a Helyreállítási és Ellenállóképességi Eszköz és Nemzeti Helyreállítási Alapból nyújtott támogatásával, az RRF-2.3.1-21 pályázati program finanszírozásában valósult meg.

IRODALOM

1. Baltay M (1998) Hol tartunk és miért csak itt? A Sertés 1998. 3:10–13.
2. Szabó I, Molnár T, Nemes I, Abonyi T, Terjék Z, Bálint Á (2019) PRRSV eradication on large-scale fattening pig farms in Hungary between 2014 and 2019. *Acta Vet Hung* 67:529–542. <https://doi.org/10.1556/004.2019.052>
3. Abonyi T, Molnár T, Nemes I, Szabó I, Terjék Z, Bognár L, Bálint Á (2021) A magyarországi nagylétszámú hizósertés-állományok PRRS-mentesítése 2014–2020. *Magy Állatorvosok Lapja*, 143:585–597
4. Nemes I, Molnár T, Abonyi T, Terjék Z, Bálint Á, Szabó I (2019) Eradication of PRRS from backyard swine herds in Hungary between 2012 and 2018. *Acta Vet. Hung.* 67:543–552. <https://doi.org/10.1556/004.2019.053>
5. Abonyi T, Molnár T, Nemes I, Szabó I, Terjék Z, Bognár L, Bálint Á (2021) Magyarországi kislétszámú sertésállományok PRRS-mentesítése 2012–2019. *Magy Állatorvosok Lapja*, 143:293–300
6. Szabó I, Bognár L, Molnár T, Nemes I, Bálint Á (2020) PRRS eradication from swine farms in five regions of Hungary. *Acta Vet Hung* 68:257–262. <https://doi.org/10.1556/004.2020.00043>
7. Abonyi T, Molnár T, Nemes I, Szabó I, Terjék Z, Bognár L, Bálint Á (2021) Nagylétszámú sertés-tenyészállományok sikeres PRRS-mentesítése Magyarország 5 régiójában 2012–2019-ben. *Magy Állatorvosok Lapja*, 143:643–653
8. Balka Gy, Szabó I (2022) National PRRS eradication program in Hungary 2014–2022. *pig333.com*, <https://www.pig333.com/articles/national-prrs-eradication-program-in-hungary-2014%E2%80%932022-18665/>
9. Fornoyos K, Szegedi L, Nagy P, Sántha I, Makkai I, Búza L, Kardos G, Molnár T, Bálint Á, Szabó I (2023) PRRS szempontjából „Mentes vakcinázott (MV)” minősítésű nagylétszámú, fialástól a vágásig típusú sertésállomány létrehozása. *Magy Állatorvosok Lapja*, 145:171–181. <https://doi.org/10.56385/magyallorv.2023.03.171-181>
10. Ózsvári L, Búza L (2015) Sertéshizlaló telepek technológiai színvonalának, főbb termelési mutatóinak és légzőszervi tünetegyüttese (PRDC) menedzsmentjének összehasonlító vizsgálata. *Magy Állatorvosok Lapja*, 137:79–92
11. Máté P, Makkai I, Makrai L, Máté M, Ózsvári L, Búza L (2023) A *Bergeyella zoohelcum* magyarországi kimutatása sertésben. *Magy Állatorvosok Lapja*, 145:385–394 <https://doi.org/10.56385/magyallorv.2023.07.387-394>
12. Ózsvári L, Cságola A (2017) A parvovírus elleni vakcinázás gazdasági elemzése. *Magy Állatorvosok Lapja*, 139:537–542
13. Ózsvári L (2017) A sertésdizentéria elleni védekezés gazdasági jelentősége. *Magy Állatorvosok Lapja*, 139:271–275
14. Szabó I, Makkai I, Máté P, Molnár T, Swam H, von Berg, S, Holtkamp DJ, Glávits R, Szabó I Jr., Ózsvári L, Búza L (2023) Slaughterhouse Visual and Palpation Method for Estimating the Economic Damage of Porcine Proliferative Enteropathy (PPE). *Animals*, 13. 542. <https://doi.org/10.3390/ani13030542>
15. Ózsvári L (2017) Sertések parazitózisai által okozott gazdasági veszteségek. *Magy Állatorvosok Lapja*, 139:17–25
16. Bíró O, Ózsvári L, Illés BC (1999) Betegségek okozta veszteségek számszerűsítése a sertéstartásban. *Magy Állatorvosok Lapja*, 121:643–647
17. Bíró O, Ózsvári L (2006) Állat-egészségügyi gazdaságtan. Egyetemi jegyzet. SZIE-ÁOTK, Állat-egészségügyi Igazgatástani és Agrárgazdaságtani Tanszék, Budapest
18. Bíró O, Ózsvári L, Lakner Z (2008) Az állategészségügyi menedzsment hatása a sertésenyésztő telepek teljesítményére – egy módszertani kísérlet tanulságai. *Magy Állatorvosok Lapja*, 130: 138–147
19. Búza L (2019) Sertés állomány-egészségügyi menedzsment, Doktori (PhD) értekezés, Szent István Egyetem, Gödöllő
20. A Kormány 1323/2012. (VIII. 30.) Korm. határozata a sertéságazat helyzetét javító stratégiai intézkedésekről. *Magyar Közlöny* 2012. 114. 19447. <https://njt.hu/jogszabaly/2012-1323-30-22>
21. 3/2014. (I.16.) VM rendelet a sertésállományoknak a sertés reprodukciós zavarokkal és légzőszervi tünetekkel járó szind-rómájától való mentesítéséről *Magyar Közlöny* 2014. 3. 447. <https://njt.hu/jogszabaly/2014-3-20-2Y>
22. Pork Checkoff Study. Cost of PRRS Reaches \$664 Million Annually. Available online: <https://www.nationalhogfarmer.com/health-diseases/cost-prrs-reaches-millions-0817>
23. Valdes-Donoso P, Alvarez J, Jarvis LS, Morrison RB, Perez AM (2018) Production losses from an endemic animal disease: Porcine reproductive and respiratory syndrome (PRRS) in selected Midwest US sow farms. *Front Vet Sci* 5:102. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00102>
24. Holtkamp DJ, Polson DD, Torremorell M, Morrison B, Classen DM, Becton L, Henry S, Rodibaugh MT, Rowland RR, Snelson H, Straw B, Yeske P, Zimmerman J (2011) Terminology for classifying swine herds by porcine reproductive and respiratory syndrome virus status. *J Swine Health Prod* 19:44–56. <https://www.aasv.org/shap/issues/v19n1/v19n1p44.html>
25. Muirhead MR, Alexander TJL, Carr J (2013) Reproduction: noninfectious infertility. In: Muirhead MR, Alexander TJL, Carr J, editors. *Managing Pig Health A Reference for the Farm*. Sheffield, 5M Enterprises Limited, 157–98
26. Renken C, Nathues C, Swam H, Fiebig K, Weiss C, Eddicks M, Ritzmann M, Nathues H (2021) Application of an economic calculator to determine the cost of porcine reproductive and respiratory syndrome at farm-level in 21 pig herds in Germany. *Porc Health Manag.* 7:3 <https://doi.org/10.1186/s40813-020-00183-x>
27. Szabó I (2022) The experience of the National PRRS eradication program in Hungary. In *Proceedings of the 13th European Symposium of Porcine Health Management, Budapest, Hungary, 11–13 May 2022*
28. Szabó I, Nemes I, Búza L, Polyák F, Bálint Á, Fitos G, Holtkamp DJ, Ózsvári L (2023) The Impact of PRRS Eradication Program on the Production Parameters of the Hungarian Swine Sector. *Animals* 13:1565. <https://doi.org/10.3390/ani13091565>
29. Központi Statisztikai Hivatal, Állatállomány, December (1995–). https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_oma003.html
30. Agrárgazdasági Kutató Intézet Agrárstatisztikai Információs rendszer, Vágóhidak élőállat vágása <https://asir.aki.gov.hu/web-public/general/home.do>
31. TRACES (IMSOC) Rendszer. <https://portal.nebih.gov.hu/traces>
32. Bíró O, Ózsvári L, Biksi I, Román P (2005) A sertéstelepek gyógyszerköltségeinek, technológiai színvonalának és főbb termelési mutatóinak összehasonlító vizsgálata. *Magy Állatorvosok Lapja*, 127:81–87

Közlésre ér.: 2023. aug. 9.

**Cerebellar abiotrophy in
Border Collie**

T. Molnár*
Zs. Emri
K. Antal

*Eszterházy Károly
Katolikus Egyetem,
Állattani Tanszék,
H-3300 Eger, Eszterházy tér 1.*

*e-mail: [bccerebellarabiotrophy@
gmail.com](mailto:bccerebellarabiotrophy@gmail.com)

Kisagyi abiotrophia Border Collieban

Molnár Ticiána*, Emri Zsuzsanna, Antal Károly

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők célja a Border Collie fajtában egyre gyakoribb kisagyi abiotrófiával kapcsolatos adatgyűjtés volt. Kérdőíves felmérésünkben 14 országból kaptak tenyésztőktől, kutyatartóktól és állatorvosoktól adatokat 55 beteg egyedről. A Magyarországon talált beteg egyedeken a korai diagnózist elősegítő viselkedésbeli eltéréseket is kerestek. A szaglás, látás, hallás, memória épségét igénylő feladatokban a legnagyobb eltérés a jutalomfalat szag alapján történő megkeresésében volt. A tesztek alatt az egészséges egyedek nyugodtabbak voltak, és a feladatokat gyorsabban végrehajtották, mint a betegek.

SUMMARY

Background: Cerebellar abiotrophy (CA) results in premature and progressive degeneration of cerebellar neurons. No cure is available yet, the affected animals usually become crippled and euthanized around the age of 6 months.

Objectives: The aims of this study were (1) to summarize the results of the survey on the symptoms and manifestation of CA in Border Collies, and (2) to investigate cognitive impairment in CA-affected dogs. Cognitive tests have so far not been used on Border Collies with CA. These tests reveal altered cognitive function of CA dogs, might help early recognition of the disease, and shed light on the existence of degeneration outside the cerebellum. These tests also support further research, by revealing new details regarding the development and course of the disease.

Materials and Methods: Clinical and pedigree information was collected using a survey completed by owners, breeders and veterinarians. Cognitive tests were performed on six CA and six age matched control dogs, examining olfactory, auditory and visual perception, attention, long- and short-term memory functions.

Results and Discussion: A total of 23 875 people viewed our website, mainly from Australia, Hungary, UK and USA. The survey was completed by 1587 people, and 55 cases were reported. The symptoms were similar, and they were recognized in 4-5 weeks old pups. Both sexes were affected. Cognitive tests showed the impairment of olfactory and visual but not auditory perception or attention in CA dogs. CA dogs needed more time in memory tests to complete the task. Using principal component analysis we could separate the two groups, mostly olfactory, visual and food retrieval tests differentiated between them.

KISÁLLAT

A Border Collie a múlt évtizedben a legnépszerűbb kutyafajtává vált. Népszerűségének alapvető oka, hogy a világ legokosabb fajtájának tekintik [1]. Ennek ellenére nem mindig bizonyul jó választásnak. Nem megfelelő lefárasztással, mozgásigényének elégtelen kezelésével renitenssé válhat rövid időn belül. Ugrásszerű népszerűsége a fajta hátrányává vált, beltenyésztési indexe növekedett, a meg gondolatlan párosítások miatt különböző egészségügyi problémák, betegségek alakultak ki és rögzültek a fajtában [2–4]. Sok vérvonalban erős a kockázata a különböző daganatos megbetegedések kialakulásának [5, 6], Európában a csípő-, könyök-, vállizületi diszpláziák megjelenése növekszik [7], valamint gyakoribbak a különböző neurológiai betegségek is, mint pl. az epilepszia, Border Collie collapse [8], kisagyi degeneráció [9]. A Border Collie nem egy homogén fajta, hanem manapság három különálló típus képviselteti magát a fajtában: show típus, munkavonalú típus, agility típus [10]. Ezek a független variánsok eltérő genetikai állománnyal rendelkeznek, emiatt a különböző betegségek megjelenése eltérő tendenciát mutathat az egyes típusokban.

A Border Collie népszerűségének növekedésével fokozódott a fajta beltenyésztettsége

A cerebellaris abiotrophia a kisagy Purkinje-sejtjeinek pusztulásával járó betegség

A KISAGYI MŰKÖDÉS KÁROSODÁSA

A cerebellaris abiotrophia (CA) a kisagyat érintő progresszív neurodegeneratív betegség, amely nemcsak kutyákban, hanem egyéb háziállatokban, pl. lovakban is előfordul [9]. A neuronpusztulás a kisagyat, azon belül a Purkinje-sejteket érinti, a születés utáni hetekben, hónapokban jelennek meg a tünetek, amelyek hátterében örökletes anyagcserezavar áll [11]. A késői megjelenés kutyáknál nem ritka, Gordon szetterek és angol juhászkutyák esetében sokszor csak *post mortem* vizsgálatok alkalmával derül ki a CA [11]. A Border Collie fajtán belül viszonylag új betegségnek számít, jelenleg kevés egyedről tudunk, akit ezzel a betegséggel diagnosztizáltak [12–15]. Az elsődlegesen a Purkinje-sejteket érintő forma mellett a betegségnek egy másik változatát is leírták, amelyben a Purkinje-sejtek nagyrészt túlélnek és a sejtpusztulás főleg a szemcses sejteket érinti [14]. A betegség kialakulásában szerepet játszó gének közül néhányat (*VMP1*, *LINGO3*) már sikerült azonosítani az ausztrál Kelpie és Border Collie fajtákban. Ezeknek a géneknek a homozigóta jelenléte CA kialakulásához vezetett, és az ausztráliai minták tesztelésekor 11,4%, ill. 22% volt előfordulási gyakoriságuk. A teljes populációban az arány valószínűleg kisebb, a tesztelés költségét leginkább azok a tenyésztők vállalták, akik már találkoztak a betegséggel, vagyis rendelkeznek hordozó egyeddel [16]. E két gén mellett más gének szerepe is valószínűsíthető. A szűrést több országra kiterjesztették, és ezeket a géneket minden országban megtalálták, ahonnan legalább öt minta érkezett [16]. A vizsgálat Ausztráliában már terjedőben van, míg Európában és az USA-ban a CA az esetenként előforduló problémák között szerepel a tenyésztőknek szóló információs oldalakon [2]. Az eltérés oka lehet az, hogy Ausztráliában található a legnagyobb érintett populáció, a Border Collie Ausztráliában a negyedik legnépszerűbb kutyafajta [9].

A betegség tünetei a születést követő 4–6. héten jelentkeznek: koordinálatlan mozgás, hypermetrikus járás, ataxia

Tipikusan a CA-ban érintett kutyák az életük első három hetében egészségesnek tűnnek, az első tünetek a 4–6. héten jelentkeznek [17], eltérően az egyéb cerebellaris ataxiáktól, ahol a tünetek a születéskor már látszanak, és a Neuronalis Ceroid Lipofuszinózistól (NCL), ahol a nyilvánvaló tünetek csak felnőtt korban jelennek meg [18]. A kisagy működészavara elsősorban mozgást érintő tünetekkel jár. Első tünetek közé tartozik a mozgás koordinálatlanná válása, a hypermetrikus járás, ataxia [17]. Fontos jellemző, hogy a tünetek mozgás közben is megfigyelhetők. A kisagy részt vesz a motoros tanulási folyamatokban, azokban a fajokban ahol a különböző szenzoros ingerekre épülő motoros tanulási folyamatok jellemzőek, a Purkinje-sejtek és szemcses sejtek közötti szinaptikus kapcsolatok száma növekszik [19]. Emiatt feltételezhetően a CA motoros tanulási nehézségekkel is jár, bár ezek feltérképezése még nem történt meg.

A fokozott izgalmi állapot és az aktivitás növelik az érintett kutya tüneteinek az intenzitását

Egyes tényezők, mint pl. a fokozott izgalmi állapot és a fokozott aktivitás növelik az érintett kutya tüneteinek az intenzitását. A külső környezeti tényezők viszont, mint a meleg időjárás és a frontok nem szerepelnek a befolyásoló tényezők között. Ez a betegség nem rohamszerű, mint az epilepszia, vagy Border Collie collapse [20]. A CA a Border Collieban sokkal inkább fokozatos, folyamatos állapotromlással járó betegség. Jelenleg gyógyíthatatlan, legtöbb egyednél eutanáziára kerül sor, az érintett egyedek általában nem élik túl a 10 hónapos kort. A CA diagnózisát egyértelműen *post mortem* bizonyítják: a kórszövettani vizsgálatokban a felvételek diffúz sejtpusztulást mutatnak leginkább a Purkinje-sejtek rétegében, esetenként a szemcsesejt-rétegben is. Az NCL-ben megjelenő lipopigment-felhalmozódás [21] viszont CA-ban nem tapasztalható. A kisagy méretének csökkenése általában nem jelentős, de saggitalis MRI-felvételeken megnövekedett cerebrospinalis folyadékmennyiség, ill. a kisagyi redők közötti távolság megnövekedése, a barázdák kiszélesedése látható. A IV. agykamra minimálisan tágulhat, és a hippocampus dorsomedialis határai elmosódhatnak, de az atrophia az előagyra nem terjed ki [22]. A Border Collie CA autoszomális recesszív öröklésmenetet mutat. A nemi kromoszómához kötött, ill. a domináns öröklődés a jelenlegi kutatások alapján kizárható [14].

A kutyákban előforduló, sokkal gyakoribb epilepsiához képest a különbség, hogy a tünetek folyamatosan fennállnak, nem rohamszerűen jelentkeznek. Nem jellemző a megnövekedett agyi aktivitás, görcsös mozgások, ill. az eszméletvesztés [23–25]. Az epilepszia később, inkább fél éves kor után jelenik meg, és élethosszig tartó kezelést igényel [23]. A Border Collie collapse szintén epizodikusan megjelenő tünetekkel jelentkező betegség. A tüneteket környezeti tényezők, pl. a meleg időjárás, frontok vagy megerőltető edzés vált ki. A kutyák nyugalmi állapotban egészségesnek tűnnek. Az általános összeomlási epizódok az edzés megkezdése után 5–15 perccel kezdődnek, és a fellépő tünetek között szerepel a tájékozódási zavar, a tudatzavar, vagy a fókusz elvesztése, imbolygás, tántorgás és oldalra esés. Megfigyelhető tünetek még a hypermetriás járás, ill. a szaggatott, nehézkes járás. A betegség megjelenése 2–3 éves korra tehető [26].

SAJÁT VIZSGÁLAT

A szerzők kérdőíves adatgyűjtést végeztek hazai és külföldi Border Collie állományokban

A kutatás fő témája a Border Collieban előforduló, utóbbi időben egyre gyakrabban regisztrált kisagyi degeneráció. Kérdőív segítségével adatokat kívántunk nyerni a hazai és külföldi állományok érintettségéről, az egyes fajták érintettsége közötti különbségről, a betegség észlelésének idejéről és a jelentkező tünetekről. A kérdőív terjesztéséhez és az adatszerzés hatékonysága érdekében létrehoztunk egy honlapot, a „bc-cerebellarabiotrophy.com” –ot, ahol a kutyatartók, tenyésztők, informálódni kívánó emberek olvashatnak a betegség lefolyásáról és a legfontosabb ismertető jeleiről. A honlap magyar és angol nyelveken érhető el.

A 7 hazai esetből 6-nál kognitív vizsgálatokat végeztek

A betegség minél korábbi felismerésének segítése érdekében a Magyarországon talált 7 esetből, 6 esetben kognitív vizsgálatokat végeztünk, hogy a betegséghez társuló viselkedési változások specifikálásával a korai felismerést elősegíthessük. Vizsgáltuk, hogy az egyedekben károsodtak-e a közvetlen megismerő folyamatok, az érzékelés, észlelés és a figyelem.

ANYAG ÉS MÓDSZER

HONLAP ÉS KÉRDŐÍV

A honlapon és közösségi platformokon tettük közzé a kérdőívet. Erőfeszítéseket tettünk arra, hogy a nemzetközi közönséget is elérjük, főleg a fajtaspecifikus online csoportokat céloztuk meg a különböző közösségi média platformokon. A kérdőív 25 db kérdést tartalmazott, a tulajdonosok adatai mellett az érintett állat alapinformációira (kutya életkora, neme) kérdez rá. Emellett tájékoztatást

kér olyan egyedspecifikus adatokról, mint a kutya származása, korelőzmények, esetleges rendszeresen szedett gyógyszítményei, a CD betegség első tüneteinek megjelenése, tünetek típusai (periodikusak vagy statikusak, eszméleténél volt az állat a tünetek megjelenésénél). A kérdőív kitér a tünetek esetleges kivizsgálásokor kapott szakorvosi véleményekre. Külön rákérdeztünk a CT (Computed [Axial] Tomography) vagy MRI (Magnetic Resonance Imaging) felvételekre.

CT ÉS/VAGY MRI

A neurodegeneráció mértéke CT- és/vagy MRI-vizsgálatokkal karakterizálható leginkább [27]. Kérdőívünkben ezekre a vizsgálati eredményekre is rákérdeztünk. Fő kérdés kör a kamrarendszerek struktúrainak a megváltozása kapta (állása, tágulása, szimmetriája). Kérdőívünkben a sulcusok, gyrusok állapotára is, ill. a hypothalamus és az amygdala esetleges szerkezeti változatára is rákérdeztünk. A kisagy rétegeinek (stratum moleculare, stratum ganglionare, stratum granulosum) változására; a kisagy területének csökkenésére; a Purkinje-sejtek, külső csillag-sejtek és a belső kosársejtek mennyiségeinek módosulásai megfigyelhetőek-e.

VIDEÓFELVÉTELEK

Néhány hazai érintett egyedről személyesen készítettünk, külföldi egyedekről meg a tulajdonosok által kaptunk tudományos célból felhasználható felvételeket. Ezeket szakszerűen elemeztük.

A HAZAI ÁLLOMÁNY KOGNITÍV KÉPESSÉGEINEK VIZSGÁLATA

A hazai érintett állomány egyedeit meglátogattuk, és felmértük a kognitív képességeik meglétét, károsodását. A kognitív felmérést PIOTTI és mtsai kutatásai alapján terveztük [28]. A 6 vizsgált kutya életkora 5 hónapos és 9 éves kor között volt. A beteg állatok tünetei 3–16 hetes kor között jelentkeztek, állandóan fennálltak és az idő előrehaladtával javulást nem volt tapasztalható, a két idősebb állatnál sikerült a folyamatos állapotromlást megakadályozni. Minden állatnál jelentkezett a hypermetriás járás és az ataxia, görcsök, rohamok nem fordultak elő, egyéb fertőzésre utaló jel nem volt. Az MRI és a neurológiai vizsgálat a két idősebb állat esetében a kisagy kizárólagos érintettségét mutatta ki. A betegségben érintett állatok mellett 6 hasonló korú egészséges egyeden is elvégeztük a vizsgálatokat.

Szaglás-, látás- és hallásvizsgálat

Mindhárom tesztben a jutalomfalat megtalálásához szükséges időt mértük. A jutalomfalat megkereséséhez szaglás, látás és hallás révén gyűjtött információt használtak fel az állatok.

Szaglásteszt-nél egy előre kiválasztott szobában, ahol semmilyen idegen, zavaró inger nem volt, elhelyeztünk 5 db vödört, kettő alá jutalom falatot helyeztünk, a maradék három alá pedig semleges tárgyakat (kabátot, párnát, zsebkendőt). Vizsgálat során mértük azt az időt, ami a kutyának ahhoz kellett, hogy egy elrejtett jutalomfalatot megtaláljon.

A vizuális teszt-nél egy tányéron öt darab látható virsli jutalmat helyeztünk el, a másik tányér üres volt. Közvetlenül bemutattuk a tányérokat a kutyáknak, majd egyenlő távolságra helyeztük el őket a bal és a jobb oldalon egy üveg paraván mögé. Mind a két tányér egyforma színű (fehér), megegyező alakú (kör), és méretű volt. Ezt a tesztet ötször ismételtük meg, és mindegyik alkalommal mértük a jutalomfalatok megtalálásához szükséges időt, és ezek átlagát használtuk a további értékelésünk során. Akkor teljesítette a kutya a feladatot, ha elindult a jutalomfalatos tál felé.

A hallás teszt tervezésénél BRAUER és mtsainak munkájára támaszkodtunk [29]. Egy kordon mögé két tányért helyeztünk el úgy, hogy a kutyától kb. 80 cm-re legyenek, az egyik jobbra, a másik pedig balra. A jutalomfalatként száraz tápot használtunk, és kezünkkel beleejtettük az egyik edénybe. Mértük, hogy a kutya

A kérdőívben rákérdeztünk CT- és/vagy MRI-vizsgálatok eredményeire is

A szaglás-, látás- és hallásvizsgálat során a jutalomfalat megtalálásához szükséges időt mérték

milyen gyorsan találja meg a jutalomfalatot. A kísérletet ötször ismételtük meg, és az egyes mérések átlagát használtuk további kiértékelésekhez.

A figyelem vizsgálata

Ezt a feladatkört úgy kiviteleztük, hogy különböző hanghatásokra mennyire maradt meg az állat figyelme a gazdáján és milyen mértékben fókuszál a kiadott egyszerű feladat elvégzésére. Hangfelvételeket játszottunk le a kutyáknál, amelyek utcai zajokat, mentő szirénát, különböző állathangokat tartalmaztak. A kért alapparancs a gazda iránti fókusz megtartása volt. Az eredmény 0 és 1 lehetett, nem sikerült vagy sikerült a fókusz megtartása. Ebben a feladatban semmilyen mozgás nem szerepelt, emiatt a két csoport várhatóan hasonlóan tudja teljesíteni.

Emlékezet vizsgálata, ismerős hely, ill. személy felidézése

A kutyákban kialakuló emléknymokat több módszerrel is vizsgáltuk. Az ismerős hely felidézése során olyan helyekre vittük az állatot, ahol 2 hónappal ezelőtt már egyszer járt. Ezt követően pedig csak a kísérlet elvégzésekor járt ott újra. Ismerős helynek egy szobát alkalmaztunk. A kutyákon egyértelműen látszott, hogy felismerték-e a helyet vagy sem. A teszt során vizsgáltuk, hogy a kihelyezett itató-etető tálakat, amik egy paraván mögött helyezkedtek el célirányosan keresték-e fel, ill., hogy viselkedésük mutatott-e bizalmatlanságot. Amelyik kutya felismerte a szobát annál nem volt megfigyelhető hosszás szimatolás és körbe járkálás. Az eredmény 0 és 1 lehetett, nem sikerült vagy sikerült a fókusz megtartása.

Az ismerős személy felidézésénél az előzőekben használt helyet alkalmaztuk. Egy általunk kiválasztott, addig a kutyának ismeretlen személlyel találkozott ott a kutya. Az első találkozás során 1 órát töltöttek együtt, ez idő alatt a személy játszott a kutyával. A második találkozásra 1 hónap múlva került sor. A teszt folyamán elemeztük a kutya kommunikációját a személlyel, hogy milyen mértékben mutat felismerést. Amelyik kutya felismerte a személyt, egyből nagy érdeklődéssel fogadta, félelem és bizonytalanság nélkül. A kutya azonnal feloldódott és hozta a játékát. Amikor a személyt nem ismerte fel, hosszás szimatolást tapasztaltunk és ugyanolyan viselkedést, mint az első találkozásuk során, a kutya a bizonytalanság jeleit mutatta. Az eredmény 0 és 1 lehetett, nem sikerült vagy sikerült a személy felismerése.

A harmadik esetben egy előzetesen elrejtett jutalomfalat helyének felidézése volt a feladat. Ehhez a kísérlethez egy szobát rendeztünk be kutyajátékokkal, fekhelyekkel, szobanövényekkel. ARDEN és mtsai [30] kísérletéhez hasonlóan a jutalomfalatot egy szobanövény földjébe helyeztük el egy zacskóba rejtve, hogy se a szaglását se a látását ne használhassa a kutya a felderítés során, kizárólag az emlékezetére kelljen hagyatkoznia. Ötször mutattuk meg a kutyának, hogy hol helyezkedik el a jutalomfalat, amit aztán el is fogyaszthatott, majd 1 órát vártunk, és csak ezután engedték a kutyát önállóan keresni. Mértük, hogy mennyi idő alatt találja meg a jutalmat. Az időt 300 másodpercig mértük, ha a kutya ennél több időt töltött el a jutalomfalat kereséssel akkor azt negatív eredménynek tekintettük.

ADATELEMZÉS

Az adatelemzéshez R programot [31] használtuk. Az egészséges beteg párok eredményeire előjel próbát végeztünk. Főkomponens analízissel vizsgáltuk, hogy az egészséges és CA állatok kognitív tesztekben mutatott viselkedésük alapján elkülönülnek-e.

EREDMÉNYEK

A KÉRDŐÍVES FELMÉRÉS EREDMÉNYEI

A kérdőíves és látogatottsági adatokat 2021. június 14. és 2022. február 1. között gyűjtöttük. Ebben az intervallumban a honlapot 23 875-ször tekintették meg, az átlagosan eltöltött idő 10-15 perc volt. A legtöbb érdeklődő ausztrál 27,09%

Az állatok emlékezetét több módszerrel vizsgálták

A kérdőívet összesen 1587-en töltötték ki a világ minden tájáról

**A betegséget
leggyakrabban
4–5 hetes korban
vették észre**

1. ÁBRA. A kisagyi abiotrophia tüneteinek megjelenési időpontja hím és nőstény Border Collie-ban. A betegség kialakulásának idejében, és az esetszámban nincs különbség a nemek között. Az 55 esetből 29-nél a betegséget 4–5 hetes korban fedezték fel a kutyatulajdonosok.

FIGURE 1. Development of cerebellar abiotrophy symptoms in male and female Border Collies. We found no difference in the number of cases or the appearance of the first symptoms between sexes. In 29 pups out of 55 the owners recognized the first symptoms when pups were 4–5 weeks old.



ügyi problémáról amelynek lehetnek neurológiai hatásai. Ezek a következők voltak: vírusfertőzés (9), magzati ártalom (8), koponyasérülés (7), immunrendszer zavarai (5), metabolikus rendellenességek (4), atherosclerosis (2). Az esetmegoszlások nem utalnak arra, hogy ezek bármelyike kifejezetten kapcsolódna a CA megjelenéséhez.

Az érintett egyedek tulajdonosai 90,90%-ban ($n = 50$) az első megjelenő tünetként az ataxiát említették (a végtagok remegését és ingatottságát, majd a fej remegését) említették meg. Későbbieknek a beteg egyedek 100%-ban ($n = 55$) hypermetrikus járást mutattak. A tünetek megjelenése és sorrendje, súlyossága egységes jellemzőket mutatott mind az 55 esetenél, de az életkorra a tünetek súlyosbodása minden esetben észlelhető volt. Két esetben (3,63%) tünetként jelölték meg a *post mortem* vizsgálat során észlelt pajzsmirigy-megnagyobbodást. A különböző kontinenseken élő kitöltők hasonló tünetekről számoltak be. A CA meglétét valószínűsíti, hogy az egyéb típusú kisagyi ataxiákra jellemző tünetek [32] mint pl. a mozgáskényszer, görcsös mozgások, súlyos táplálkozási zavar vagy már a születéskor fennálló egyensúlyzavar nem jelent meg a tünetek között.

CT- ÉS/VAGY MRI-FELVÉTELEK EREDMÉNYEI

Az érintett egyedek tulajdonosai 21,81%-ban ($n = 12$) rendelkeztek CT- és MRI-felvételekkel. A képalkotó eljárások előrehaladott cerebrális és cerebellaris atrophia mutattak rá. Morfometriai analízissel szignifikánsan kisebb relatív kisagyméretet

**A válaszadók
90%-a az ataxiát
említette
első tünetként**

**A képkötő eljárások
előrehaladott
cerebellaris
atrophiára utaltak**

találtak: az esetek 83,33%-ában ($n = 10$) a kisagy az átlagosnál kisebb méretű volt. A *post mortem* végzett kórszövettani vizsgálatok eredményei alapján a méretcsökkenés oka valószínűleg az, hogy a kisagykéregben a Purkinje-sejtek részleges fejlettségűek voltak, egészséges állatoknál tapasztaltnál kevésbé kiterjedt dendritrendszerrel rendelkeznek. A negyedik kamra és a kisagy környékén, különösen a barázdák (folia) közötti távolság volt megnövekedett. Az esetek 100%-ában ($n = 12$) a kamrarendszer középállású, szimmetrikus, középvonala megtartott maradt. A lateralis agykamrák, ill. a harmadik agykamra normális méretű. A sulcusok az összes vizsgált felvételen megszálesedtek, gyrusok pedig mindkét hemiszférában csökkent szélességűek voltak. A kisagy fehérállományában enyhe Walleri-degeneráció volt látható az esetek 33%-ában ($n = 4$). Kóros eltérés a hypothalamus és az amygdala területén nem volt ($n = 12$). A cerebrospinalis folyadék felhalmozódása volt észlelhető subarachnoidalis térben 91,66%-ban ($n = 11$). Intraaxialis elváltozások a hemisphaera parietalis és occipitalis lebenyeinek fehérállományában szimmetrikusak, ez megfigyelhető a cerebellum caudalis részében is. Az esetek 91,66%-ában ($n = 11$) a gyrusok szimmetrikus helyzetűek voltak, és mindkét hemiszférában azonosan, csökkent szélességben rajzolódtak ki. Ezek alapján a kisagyi fissurák súlyos megszálesbedése volt kimutatható.

A VIDEÓFELVÉTEL EREDMÉNYEI

Az összes elemzett videó felvételnél, egyenőntetűen megfigyelhető volt az ataxiás járás, ami a mozgás intenzitásának fokozódásával rosszabbodott. Amikor az állatok nyugalmi helyzetben voltak csupán enyhe fejremegés mutatkozott, de intenzív mozgásnál az ataxiás és hypermetriás tünetek súlyosbodtak. Fenyegetettségi reakcióhiányát is észleltük a felvételeken (pislogás hiánya, késleltetett védekező funkciók), a kétoldalian szimmetrikus hypermetriás járás (mind a négy végtag eltúlzott mozgása) és a kóros testtartási viselkedés is jelen volt.

Rohamszerűség nem ($n = 0$) volt megfigyelhető, ez alapján az epilepszia, vagy Border Collie collapse kizártnak minősült a felvételek értékelése során. Az elülső végtagok hypermetriája volt megfigyelhető az összes esetben.

A KÓRSZÖVETTANI VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI

Az esetek 14%-ában ($n = 8$) kórszövettani vizsgálatot végeztek. A metszeteken hematoxylin-eozin festést alkalmaztak. A nagyagy, középagy, kisagy és az agytörzs esetében többszörös eltérések voltak megfigyelhetőek. Az esetek 100%-ában ($n = 8$) a kisagy méretének csökkenése mutatkozott, ami általában betegség következménye. A kisagyon belül mérsékelt zsugorodás következett be, a rostromedialis folia mérete a Purkinje- és a szemcsesejtek pusztulásának mértékével korrelált. A Purkinje-sejtek degenerációja a kisagy stratum ganglionare rétegében volt főként megfigyelhető, és a stratum ganglionare és moleculare dezorganizációjához vezetett.

Az összes minta esetében 100% ($n = 8$), cerebellaris folyadékfelhalmozódás volt a subarachnoidalis térben. A túlélő Purkinje-sejtek megkisebbedtek, degeneratív elváltozás jeleit mutatták. Észlelték a myelinizált rostok számának csökkenését a kisagyi lombozaton belül. A kisagy szemcsés rétegében hypocellularitás volt megfigyelhető. A Purkinje-sejtréteg mellett Bergmann-gliasejtek proliferációja volt megfigyelhető. Ezek a jellegzetes morfológiai elváltozások mind a kisagyi abiotrophia diagnózisát támasztják alá.

A KOGNITÍV TESZTEK EREDMÉNYEI

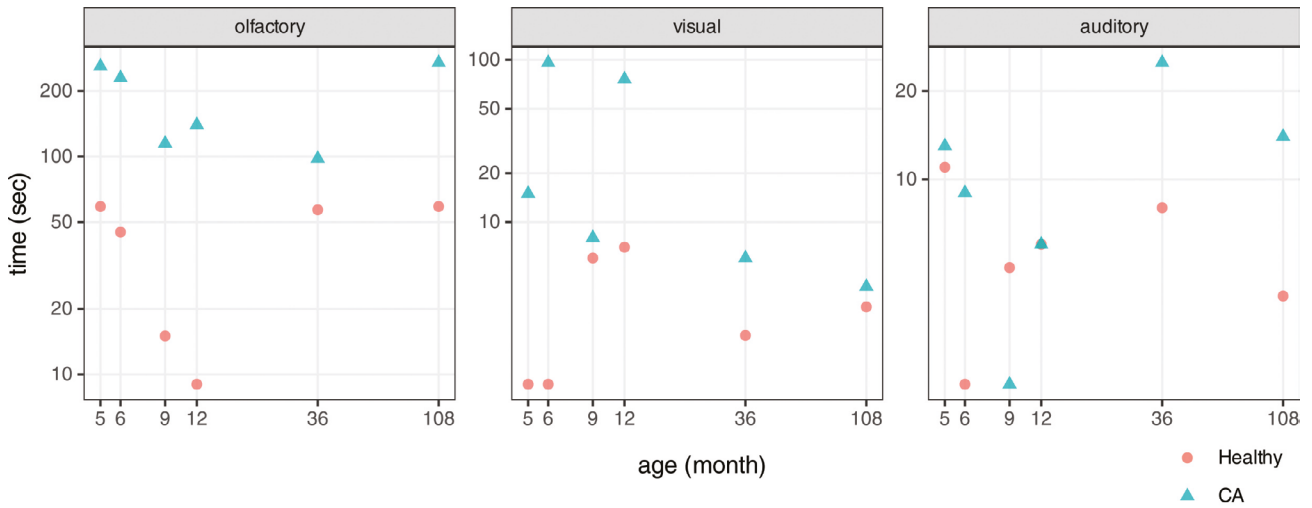
Szaglás-, látás- és hallásvizsgálat

A jutalomfalat felfedezése szaglással szignifikánsan hosszabb időt vett igénybe a beteg állatoknál, mint az egészségeseknél: a beteg egyedek több időt töltöttek a feladattal, mint bármelyik egészséges egyed (2. ábra, *olfactory*). A vizuális információ alapján történő keresésnél nem volt ennyire éles különbség. Minden beteg-egészséges párra igaz volt, hogy a beteg egyed töltött több időt a kere-

**Jellemző tünet volt a
mozgás intenzitásával
fokozódó ataxia**

**Kórszövettani
vizsgálattal a
Purkinje-sejtek
károsodását
figyelték meg**

**A jutalomfalat
felfedezése szaglással
szignifikánsan hosszabb
időt vett igénybe a
beteg állatoknál**



2. ÁBRA. Az olfaktorikus, vizuális és auditoros észlelésben jelentkező különbségek egészséges és cerebellaris abiotrophiát (CA) mutató állatok között

A CA állatok a jutalomfalatot nehezebben találták meg annak szaga vagy látott információ alapján mint a hasonló korú egészséges állatok. A jutalomfalatot tartalmazó tányér megtalálása a jutalomfalat tányérba koppanása alapján egészséges állatokban hasonló időt igényelt mint a CA állatokban, bár a két leghosszabb keresési időket a CA állatokban mértük.

Az idő és a kor is logaritmikus skálán lett ábrázolva

FIGURE 2. Olfactory, visual and auditory perception in age matching healthy dogs and dogs with cerebellar abiotrophy (CA)

CA dogs had difficulty to find reward food when they needed to sniff its presence or they had a visual clue. They required significantly longer time than healthy animals. However, there was no difference between healthy and CA dogs to find their reward using auditory clues, although the longest times spent with searching were measured at CA dogs.

Note that time and age are shown using logarithmic scale

séssel, de a különbség két párosnál is minimális volt, ezek a CA-egyedek hasonló idő alatt végeztek a feladattal, mint az egészséges állatok (2. ábra, visual). A hallás alapján történő jutalomfalat keresésnél az egészséges és a beteg állatok eredményei alig különböztek egymástól (2. ábra, auditory).

Figyelemvizsgálat

A figyelem megtartása 3 beteg és 4 egészséges kutyánál sikerült, nem találtunk jelentős különbséget beteg és egészséges állatok között. Ennél a tesztnél nem vártunk különbséget, mivel nem kellett az állatnak mozgást végrehajtania, a hasonló eredmény azt jelzi, hogy sikerült a beteg és egészséges állatok vizsgálatánál hasonló körülményeket biztosítani, ill. a feladatok megoldásakor tapasztalt különbségek nem a figyelemhez kapcsolódnak.

Emlékeztetvizsgálat, ismerős hely, ill. személy felidézése

Az ismerős hely (memory1), ill. személy (memory2) felidézésénél az egészséges állatok mindegyike ráismert a helyre és egy állat nem ismerte fel az ismerős személyt, míg a beteg állatok közül csak 2 ismerte fel a helyet és 3 az ismerős személyt. Az eldugott jutalomfalatot (retrieval) mindegyik állat megtalálta, de a legidősebb CA állat kivételével a beteg állatok lényegesen több időt töltek a feladat elvégzésével (3. ábra).

Főkomponens-analízissel néztük meg, hogy a kognitív tesztekben mutatott eredmények alapján a CA és az egészséges csoport elkülönül-e egymástól. Ebből az elemzésből a figyelmi feladatot kihagytuk. Az első két főkomponens síkjában az egészséges és a CA-egyedek lineárisan szeparálhatók (4. ábra), vagyis kognitív képességeik különbözőek.

A figyelem megtartása nem mutatott különbséget az egészséges állatokhoz képest

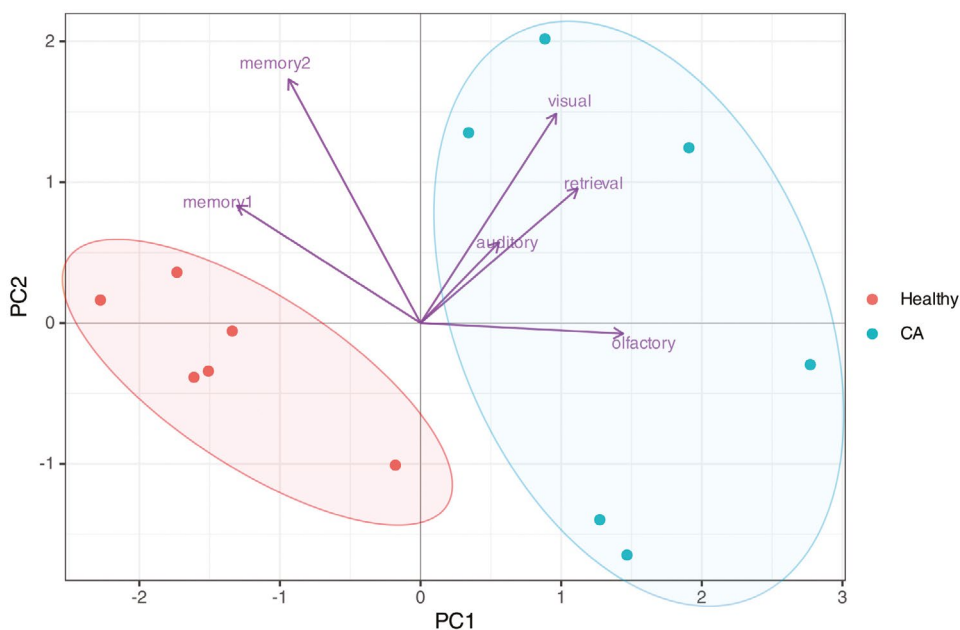
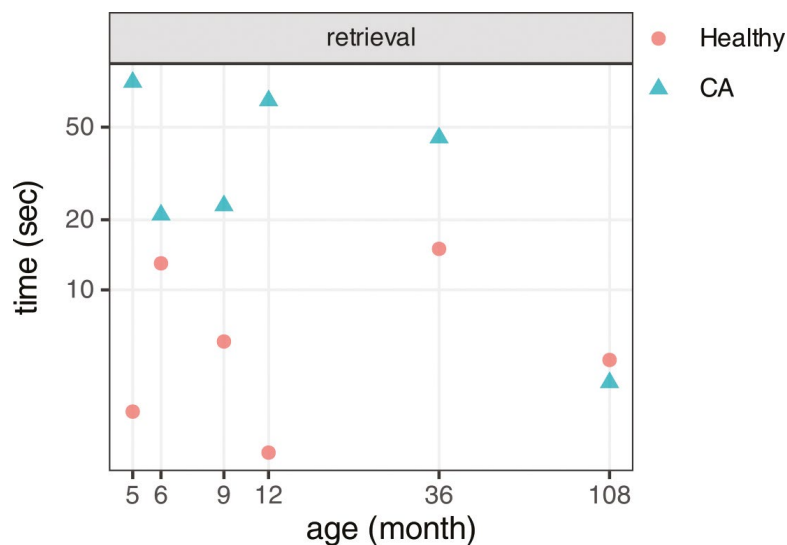
A beteg állatok rosszabbul szerepeltek az emlékeztetvizsgálatokban

3. ÁBRA. Az eldugott jutalomfalat felkutatása 1 óras várakozási időt követően

Az egészséges és beteg állatok is emlékeztek az eldugott jutalomfalat helyére, de a legidősebb beteg állat kivételével a CA állatok lényegesen több időt töltöttek a kereséssel

FIGURE 3. The retrieval of the hidden reward food after an hour long waiting period

All dog remembered the location of the hidden reward food, but dogs with cerebellar atrophy, except the oldest one, spent more time with its retrieval than the age matching healthy animals



4. ÁBRA. Az egészséges és beteg csoport elkülönülése az első két főkomponens síkjában

A másodpercben mért időadatok logaritmusaira és a kétértékű adatok 0–1 kódolt adatsoraira standardizálás utáni főkomponens analízis az első két főkomponens síkját mutatja az ábra.

Az egészséges (piros) és a cerebellaris atrophias (CA) állatok (kék) helyeit és a változók vetületeit mutatja az ábra.

Ebben a síkban az egészséges és beteg egyedek csoportjai lineárisan szeparálhatók. Leginkább az olfaktórikus, vizuális és táplálékkereséses (retrieval) teszteszt különbséget a beteg és egészséges állatok között

FIGURE 4. The separation of healthy dogs from those with cerebral atrophy (AC) in the plane of the first two principal components

The principal component analysis after standardization to the logarithms of the time data measured in seconds and to the 0–1 coded data series of two-valued data shows the plane of the first two principal components. The figure shows the locations of healthy (red) and cerebellar atrophy (CA) animals (blue) and the projections of the variables. In this plane, the groups of healthy and sick individuals can be separated linearly. Mostly, the olfactory, visual and food retrieval tests differentiate between the CA and healthy animals

MEGVITATÁS

A Border Collie állományok felmérése során világszerte 55 olyan esetet találtunk, ahol a kisagyi degeneráció meglehetősen valószínűsíthető volt. Az esetek zömét három országból jelezték: Ausztráliából, az Amerikai Egyesült Államokból és az Egyesült Királyságból. A kérdőívben megjelenő esetek teljes mértékben megegyeztek a korábbi szakirodalmakban leírt esetekkel, mindhárom országban ugyanazokról a tünetekről számoltak be a kérdőívet kitöltők, mint amelyeket a szakirodalom is leírt [12–15]. Kisebb eltérést mutatott a betegség megjelenésének ideje a kutatásunkban és korábbi szakirodalmakban, mi nagyobb szórást tapasztaltunk a betegség megjelenésével kapcsolatban. Az összes esetből ($n = 55$) 9-nél jelent meg az első tünete még négyhetes kor előtt. A nemek érintettsége közel azonos volt, nem valószínű, hogy nemmel kapcsolatos bármilyen faktor jelentősen befolyásolná a betegség kialakulását. Ezt a korábbi szakirodalmak is alátámasztották [8, 9, 11–14]. További eredményünk, hogy adatokat gyűjtöttünk az egyes kategóriák (show-, munka-, és ismeretlen eredetű vérvonal) terheltségéről. Az esetek 50,5%-a az ismeretlen eredetű Border Collie kategóriában fordult elő. Ez is arra utal, hogy a nem megfelelő tenyésztési paraméterek, ill. a szükséges szelekció hiánya nagyban hozzájárul egy betegség elterjedéséhez. Ebben a típusban volt kérdőívünk alapján a beltenyésztési index a legnagyobb. A szakirodalmakban leírt esetek mindegyikében eutanáziát hajtottak végre az érintett állat 5 hónapos kora előtt. A mi esetünkben ez a tendencia csekély változást mutatott, mivel a feltárt 55 esetből 46-nál (83,63%) eutanázia történt. A többi egyed ($n = 9$), folyamatos kontroll alatt állt, és próbálták lassítani a betegség lefolyását, késleltetni a súlyosabb tünetek jelentkezését. Az ismert gyulladásgátlók protektív hatását eddigiekben nem sikerült bizonyítani, a hosszabb idejű túlélés leginkább egyéb protektív genetikai faktorok eredménye lehet.

Leginkább a szaglás-, látás- és a táplálékkeresési (retrieval) teszt tett különbséget a beteg és egészséges állatok között

A kognitív tesztekben vizsgált hat magyarországi eset a kontroll állatokhoz képest eltérő teljesítményt mutatott. Leginkább az olfaktorikus, vizuális és a táplálékkeresési (retrieval) teszt tesz különbséget a beteg és egészséges állatok között. Az hallás alapján történő észlelés, ill. a figyelem nem romlott a CA-állatokban. Mivel két olyan teszt is volt, amelyben a beteg és egészséges állatok hasonlóképpen teljesítettek nem valószínű, hogy a különbséget az állatok mozgási nehézségével, vagy egyéb olyan környezeti tényezővel magyarázhatnánk, amelyre a beteg állatok érzékenyebbek, mint az egészségesek. Valószínűsíthető, hogy a CA-állatok rosszabb teljesítménye összefügg a betegségükkel, és további vizsgálatokat igényel, hogy a kognitív tünetek a betegség korai szakaszában is jelen vannak-e, diagnosztikai célokra felhasználhatók-e.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék köszönetet mondani minden Border Collie tenyésztőnek, tulajdonosnak, akik kitöltötték a kérdőívet és így járultak hozzá a dolgozat elkészüléséhez. Külön szeretném kiemelni LeClway hazai kennel tagjait és JOHANNA VOS-BUTLERT, az Ausztráliában és Új-Zélandon működő Clan Abby kennel tenyésztőjét, a szakirodalom és a betegséggel kapcsolatos ismereteinek megosztásáért. Továbbá szeretnék köszönetet mondani azoknak az állatorvosoknak, akik segítették a munkámat, és a leleteket, kórképeket szolgáltatták a munkámhoz.

IRODALOM

1. Szarvas P (2017) A Border collie viselkedése és viselkedésproblémái, Szakdolgozat, Állatorvostudományi Egyetem Törvényszéki Állatorvostani, Jogi és Gazdaságtudományi Tanszék, 44pp.
2. ABCA American Border Collie Association (2015) Genetically Linked Diseases in Border Collies ABCA Health , Genetics Committee. <https://americanbordercollie.org/bc-information/health-and-genetics/>
3. Forman, O. P, Hitti, R. J, Pettitt, L, Jenkins, C. A, O'Brien, D. P, Shelton, G. D, De Riso, L, Gutierrez Quintana, R, Beltran E, Mellersh, C. (2016). An Inversion Disrupting FAM134B Is Associated with Sensory Neuropathy in the Border Collie Dog Breed. *Genes|Genomes|Genetics*, 6(9):2687–2692. <http://doi.org/10.1534/g3.116.027896>
4. Oliver JAC, Wright H, Massidda PA, Burmeister LM, Mellersh CS (2020) A variant in OLFML3 is associated with pectinate ligament abnormality and primary closed-angle glaucoma in Border Collies from the United Kingdom. 23(1):25–36. *Vet Ophthalmol* <http://doi.org/10.1111/vop.12680>
5. Cheng K, Soh P, Bennett P, Williamson P (2019) Lymphoma in Australian Border Collies: survey results and pedigree analyses. *Aust Vet J* 97(1-2):14–22 <http://doi.org/10.1111/avj.12780>
6. Mizukami K, Yabuki A, Kohyama M, Kushida K, Rahman MM, Uddin MM, Sawa O, Yamato O (2016) Molecular prevalence of multiple genetic disorders in Border collies in Japan and recommendations for genetic counselling. *Vet J* 214:21–23 <http://doi.org/10.1016/j.tvjl.2016.05.004>
7. Ács V, Kövér G, Farkas J, Bokor Á, Nagy I (2020) Effects of Long-Term Selection in the Border Collie Dog Breed: Inbreeding Purge of Canine Hip and Elbow Dysplasia. *Animals* 10(10):1743 <http://doi.org/10.3390/ani10101743>
8. Shearman JR, Cook RW, McCowan C, Fletcher JL, Taylor RM, Wilton AN (2011) Mapping cerebellar abiotrophy in Australian Kelpies. *Anim Genet* 42(6):675–678 <http://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2011.02199.x>
9. De Lahunta A (1990) Abiotrophy in Domestic Animals: A Review. *Can J Vet Res* 54:65–76.
10. Ács V, Bokor Á, Nagy I (2019) Population Structure Analysis of the Border Collie Dog Breed in Hungary. *Animals* 9(5):250 <http://doi.org/10.3390/ani9050250>
11. Siso S, Hanzlíček D, Fluehmann G, Kathmann I, Tomek A, Papa V, Vandevelde M (2006) Neurodegenerative diseases in domestic animals: A comparative review. *Vet J* 171(1):20–38 <http://doi.org/10.1016/j.tvjl.2004.08.015>
12. Gill JM, Hewland M (1980) Cerebellar degeneration in the Border collie. *New Zealand Vet J* 28(8):170 <http://doi.org/10.1080/00480169.1980.34737>
13. Clark R G, Hartley W J, Burgess G S, Cameron J S, Mitchell G (1982) Suspected inherited cerebellar neuroaxonal dystrophy in collie sheep dogs. *N Z Vet J* 30(7):102–103 <http://doi.org/10.1080/00480169.1982.34897>
14. Sandy JR, Slocombe R F, Mitten R W, Jedwab D (2002) Cerebellar Abiotrophy in a Family of Border Collie Dogs. *Vet Pathol* 39(6):736–738. <http://doi.org/10.1354/vp.39-6-736>
15. Michelle L Berry, Uriel Blas-Machado (2003) Cerebellar abiotrophy in a miniature schnauzer. *Can Vet J* 2003 Aug; 44(8):657–659. PMID:PM340240
16. Dog Breeding Science Australia <https://breeding.dog/index.php?test=cam>
17. Smeyne RJ, Goldowitz, D (1989) Development and death of external granular layer cells in the weaver mouse cerebellum: a quantitative study. *J Neurosci* 9: 1608–1620, <http://doi.org/10.1523/jneurosci.09-05-01608.1989>
18. Szikszai A, Balogh É (2023) Tárolási betegségek, neuronális ceroid lipofuszcínózis. *Magy Állatorvosok Lapja* 145(5). 259–274. <https://doi.org/10.56385/magyallorv.2023.05.259-274>
19. Huang C, Gammon SJ, Dieterle M, Huang RH, Likins L, Ricklefs RE (2014) Dramatic increases in number of cerebellar granule-cell-Purkinje-cell synapses across several mammals. *Mammalian Biology – Zeitschrift Für Säugetierkunde*, 79(3):163–169 <http://doi.org/10.1016/j.mambio.2013.12.003>
20. Taylor S, Shmon C, Su L, Epp T, Minor K, Mickelson J, Patterson E, Shelton, G. D. (2016) Evaluation of Dogs with Border Collie Collapse, Including Response to Two Standardized Strenuous Exercise Protocols. *J Am Anim Hosp Assoc* 52(5): 281–290. <http://doi.org/10.5326/jaaha-ms-6361>
21. Koie H, Shibuya H, Sato T, Sato A, Nawa, K, Nawa Y, Kitagawa M, Sakai M, Takahashi T, Yamaya Y, Yamato O, Watari T, Tokuriki M (2004) Magnetic resonance imaging of neuronal ceroid lipofuscinosis in a border collie. *J Vet Med Sci*, 66(11): 1453–1456. <https://doi.org/10.1292/jvms.66.1453>
22. Urkasemsin G, Linder KE, Bell JS, de Lahunta A, Olby NJ (2010) Hereditary cerebellar degeneration in Scottish terriers. *J Vet Intern Med* 24(3): 565–570. <http://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2010.0499.x>
23. Hülsmeier V, Zimmermann R, Brauer C, Sauter-Louis C, Fischer A (2010) Epilepsy in Border Collies: Clinical Manifestation, Outcome, and Mode of Inheritance. *J Vet Intern Med* 24(1): 171–178. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2009.0438.x>
24. Ekenstedt KJ, Patterson EE, Mickelson JR (2012) Canine epilepsy genetics. *Mamm Genome* 23:28–39
25. Ekenstedt K J, Oberbauer A M (2013) Inherited Epilepsy in Dogs. *Top Companion Anim Med* 28(2): 51–58. <http://doi.org/10.1053/j.tcam.2013.07.001>
26. Taylor S, Minor K, Shmon C L, Shelton, G D, Patterson E E, Mickelson J R, (2016) Border Collie Collapse: Owner Survey Results and Veterinary Description of Videotaped Episodes. *J Am Anim Hosp Assoc* 52(6):364–370. <http://doi.org/10.5326/jaaha-ms-6436>
27. Merwe L L van der, Lane E, (2001) Diagnosis of cerebellar cortical degeneration in a Scottish terrier using magnetic resonance imaging. *J Small Anim Pract*, 42(8), 409–412. <http://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2001.tb02491.x>
28. Piotti P, Szabó D, Bognár ZS, Egerer A, Hulsbosch P, Carson R S, Kubinyi E, (2018) Effect of age on discrimination learning, reversal learning, and cognitive bias in family dogs *Learn Behav* 46(4), 537–553. <http://doi.org/10.3758/s13420-018-0357-7>
29. Brauer J, Kaminski J, Riedel J, Call, J, Tomasello M (2016) Making inferences about the location of hidden food: social dog, causal ape. *J Comp Psychol* 120:38–47.
30. Arden R, Bensch M K, Adams M J (2016) A Review of Cognitive Abilities in Dogs, 1911 Through 2016: More Individual Differences, Please. *Curr Dir Psychol Sci* 25(5): 307312. <http://doi.org/10.1177/0963721416666718>
31. R Core Team (2020) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
32. Zöldág L (2021) A kutya örökletes hátterű betegségei. A/3 Nyomdaipari és Kiadói Szolgáltató Kft. ISBN 978-963-88110-6-6

Közlésre érkező: 2023. júli. 18.



Sokoldalú eszköz a krónikus veseelégtelenséggel szemben

Egyedülálló **négy az egyben** innováció



1. Limitálja a foszfor felszívódását
2. Megkötöi az urémiás toxinokat
3. Segít megőrizni a normál veseszerkezetet
4. Hozzájárul a kiegyensúlyozott vérnyomás fenntartásához

Ízesített belsőleges szuszpenzió

Virbac

Shaping the future of animal health

Gastric dilatation and
volvulus in a brown bear
(*Ursus arctos*,
Linnaeus, 1758)

A. L. Nógrádi*
P. Kertész²

1. Állatorvostudományi Egyetem,
Egzotikusállat-és
Vadegészségügyi Tanszék
H-1078 Budapest, István utca 2.

2. Ló-Zoo Kft., Órbottyán

*e-mail: anna.nograd@gmail.com

Gyomormegterhelés és helyzetváltozás barna medvében (*Ursus arctos*, Linnaeus, 1758)

Nógrádi Anna Linda*¹, Kertész Péter²

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők egy hirtelen elhullott, 30 év feletti nőstény európai barnamedve (*Ursus arctos*) esetét mutatják be. A 250 kg körüli medve közepesnél rosszabb kondícióban volt. A boncolás során láthatóvá vált a hasüreg jobb oldalán elhelyezkedő, extrém módon kitelt gyomor, amely az epigastrium helyett a mesogastriumban volt fellelhető a vékonybelek mögött. A gyomor az óramutató járásával megfelelő irányban, 180 fokban volt megcsavarodva. A gyomor erei kitágultak és a pylorus területén vérzések voltak láthatók. A boncolásnál tapasztalt makroszkópos kép alapján az elhullás oka egyértelműen heveny gyomormegterhelés és következményes gyomorcsavarodás volt.

ABSTRACT

Background: Gastric dilatation and volvulus is rarely diagnosed in bears. Only two case reports have been published in two different species in the last thirty years.

Objectives: This is a case report of a brown bear diagnosed post mortem with gastric dilatation and volvulus.

Materials and Methods: A female European brown bear (*Ursus arctos*) over 30 years of age died suddenly in the bear sanctuary in Veregyház, Hungary. The bear weighed around 250 kg-s and was in a bad physical condition. The animal had known joint pain, which made it harder for her to move. The bear died suddenly in the afternoon and was removed from the enclosure before signs of rigor mortis and a pathological examination was undergone during the night.

Results and Discussion: The old bear had an extremely worn dentition with the pulp cavity exposed on many teeth. The mucous membrane was deep red and cyanotic and the injuries caused by ravens could be seen on the lips of the animal.

After opening the abdominal cavity, the extremely enlarged stomach located on the right side of the abdomen became visible, which was located in the mesogastrium behind the small intestines instead of the epigastrium. After lifting the omentum, the 180 degrees clockwise twisted stomach was visible.

The vessels of the stomach were dilatated and two vital reactions were visible on the pylorus. The stomach contained food particles mixed with a large amount of gas and liquid content. The spleen, displaced from its anatomical position, was slightly enlarged and located under the stomach. The small intestines were located behind the liver and in front of the stomach in the epigastrium, and some parts were extremely full of gas and fluid, while others contained only a small amount of fluid. No lesions were visible on the liver and the gallbladder was full of bile.

The lungs were collapsed in the chest cavity. No macroscopic changes were visible on the heart. Based on the macroscopic picture seen at the pathological examination the cause of death was gastric dilatation and volvulus.

Gyomormegterhelést és következményes gyomorcsavarodást eddig már több fajban megállapítottak [1–3]. Számtalan leírás található kutyákban bekövetkező gyomorcsavarodásról, de leírták már macskákban, sőt tengerimalacokban is [4, 5].

A gyomormegterhelés és következményes gyomorcsavarodás kialakulásának pontos oka ismeretlen. Kutyákban összefüggésbe hozták a kialakulását az állat méretével, korával, a közvetlen rokonok esetében kórelőzményben előforduló gyomorcsavarodással, az etetés számának csökkenésével, a gyors evéssel, a takarmányrészek méretének csökkenésével, az állat agresszív vagy félnék természetével, és közvetlenül az evés utáni mozgással vagy stresszel [1, 2]. Tengerimalacoknál középkorú és idősebb állatokban fordul elő, de nem találtak nemhez köthető predispozíciót. Ebben a fajban is valószínűleg multifaktoriálisak a kialakulásának okai és összefüggésbe hozták fogproblémával, stresszel, fájdalommal és pelletált takarmány etetéssel. Továbbá alfa-2-agonisták használata, műtéti pozicionálás, vemhesség vagy petefészekiszta jelenléte, de akár az időjárás változás is hozzájárulhat a kialakulásához tengerimalacoknál [5].

**Gyomorcsavarodást
leggyakrabban
kutyában lehet
megfigyelni, de leírták
már macskában és
tengerimalacban is**

A gyomorcsavarodás egy életveszélyes állapot, amely gyakran vezet elhulláshoz. Abban az esetben, ha a gyomor a saját tengelye körül megcsavarodik, funkcionális elzáródás alakul ki. Szilárd, emésztetlen takarmány, folyadék és gáz reked a gyomor üregében, bakteriális fermentáció által további gáztermelés történik, így a gyomor tovább tágul, ezáltal növelve a hasüregi nyomást. A *vena cava caudalis* és a *vena portalis* vénás áramlása a nyomás miatt csökken, és portalis hypertensio, szisztémás hypotensio és vénás pangás alakul ki. A szív funkcionális rendellenességei is megfigyelhetők, amelyek cardiogen sokkhoz vezethetnek. A vénás pangás a gyomor nyálkahártyájának diffúz, pangásos bővítését, ischaemiáját, elhalását és bakteriális transzlokációt okozhat. A kitágult gyomor nyomja a rekeszt, és gátolja annak megfelelő működését, ezáltal légzési nehézségeket okozhat [2, 3].

A medvefélék (*Ursidae*) gyomorcsavarodása nagyon ritkán dokumentált kórforma, összesen két esetleírás lelhető fel, más-más fajhoz tartozó medve-félében. AMSTRUP és NIELSEN (1989) egy felnőtt hím jegesmedve (*Ursus maritimus*, Phipps, 1774) gyomorcsavarodását írták le. Az állatot holtan találták Alaszkában (USA) 1987-ben. Trauma jeleit nem észlelték. A rossz idő miatt a medvét csak három nap elteltével tudták az Alaszkai Egyetemre szállítani, és a szállítást követő napon boncolták fel. A környezeti hőmérséklet abban a három napban 0 és 9 C° között volt emiatt előrehaladott önmérsztettség volt megfigyelhető. Az állat egy körülbelül 500 kg-os hím volt kevés bőr alatti zsírtartalékkal (< 1 cm). A korát a foga alapján 16 évre becsülték. A kitágult gyomor a hasüreg elülső részét kitöltötte és óramutató járásával megegyezően, 180 fokban megcsavarodott. Az *antrum pylori* és a *duodenum* eleje a hasnyálmiriggyel a baloldalon helyezkedett el. Mindhárom anatómiai képleten valószínűleg emiatt bekövetkezett bevérzések voltak láthatóak. A megnagyobbodott, összenyomott lép a gyomor előtt volt a hasüreg jobb oldalában. A gyomorból metszés után a gázok eltávoztak és 1600 ml folyadék maradt az üregében. A nyálkahártyában fekélyek voltak láthatók. Számtalan tömött, fehér, < 1mm nagyságú képlet volt látható a májban, lépben és a pericardiumon. A vesékben sárgásfehér kristályos sávok voltak megfigyelhetők. Kórszövettani vizsgálatra alkalmatlan volt a tetem, így a boncolás alapján állították fel a diagnózist.

MARINKOVIC és mtsai a belgrádi állatkertben hirtelen elhullott 25 éves hím barnamedve (*Ursus arctos*) esetét írták le. Az állat az elhulláskor jó általános állapotban volt. A boncolás során megfigyelték, hogy a gyomor extrém módon kitágult, szinte az egész cranialis hasüregi részt kitöltötte, ezáltal a rekeszt előretolta, és 180 fokkal megcsavarodott az óramutató járásának megfelelően. A gyomor erei kitágultak és a nagygörbület mentén petechialis vérzések voltak jelen, akárcsak a rekeszen és a hasnyálmirigyen. A gyomor nyálkahártyájában és a hasnyálmirigyben elhalás jeleit is megfigyelték. A lép vérbő volt, megnagyobbodott és a gyomor alá került a hasüreg jobb oldalára. A hasúri szerveket nehezen lehetett visszahelyezni az anatómiai helyükre. A jobb vesében több ciszta volt látható, ill. mindkét vesében elfajulás jeleit, a mellékvesekérgében vérzést, a májban

**Medvefélék közül eddig
egy jegesmedvében
és egy állatkerti barna
medvében írtak le
gyomorcsavarodást**

telangiectasiát találtak kórszövettani vizsgálattal. Boncolás során a hasüregben vér volt. A mellkasban a tüdőlebenyek össze voltak esve, továbbá aortastenosist, bicuspidalis billentyűkben endocardiosist, továbbá bal kamra hypertrophiát találtak. A medve két szemfoga törött volt és a pulpaüreg megnyílt. A metszőfogakon erőteljes kopás jelei mutatkoztak és a fogakon fogkövesség volt látható.

Anatómiai és élettani szempontból a medvéknek egyszerű gyomruk van, amely hirtelen nagy mennyiségű takarmány felvételére alkalmas. A jegesmedve gyomra az állat súlyának 20%-át tudja eltárolni [8], amely gyakran nagy préda, pl. foka [6], és testtömegének 10%-át tudja elfogyasztani 30 perc alatt [8]. A barnamedve opportunistá mindenevő [7], így az ő gyomra is hirtelen nagy tágulásra képes, amely a hasúri szervek átrendeződéséhez vezet és hozzájárulhat a gyomorcsavarodás kialakulásához.

ESETLEÍRÁS

A szerzők egy hirtelen elhullott, 30 év feletti nőstény európai barnamedve tetemét vizsgálták

Egy 30 év feletti nőstény európai barnamedve (*Ursus arctos*) hirtelen elhullott a Veres-egyházi Medveotthonban. Az állat a Medveotthonban lakott annak alapítása óta, korábban filmekben is szerepelt. Ízületi problémái ismertek voltak, ezek miatt nehezebben mozgott. Télen nem szívesen jött elő a rejtekéből, amiben ilyenkor tartózkodott, bár klasszikus hibernációról nem beszélhetünk esetében. Az állatápolók telente külön az üreg elé raktak számára takarmányt, hogy ne kelljen sokat mozognia. A medvéket a gondozók hetente háromszor etetik. A Medveotthonban a medvék takarmánya fele részben zöldségből (főleg alma, narancs és gyökérzöldségek), 1/4 részben húsból (főleg ló, szarvasmarha és nyúl), ill. 1/4 részben pékáruból áll. Nyáron kevésbé fájtak az állat ízületei, ilyenkor többet mozgott, a többi medvével együtt kapta a takarmányt, amit a négy hektáros medve kifutó több pontján tudott magához venni. Előző év nyarán egy hónapra elválasztották a többi medvétől, hogy roborálás céljából szájon át kapható vitaminkészítményekkel külön lehessen takarmányozni, hogy jobb általános állapotba kerüljön, de folyamatosan próbált visszajutni a többi medvéhez a nagy kifutóba, az elkülönítést stresszként élte meg.

Az állatot a gondozók a halál beállta után nem sokkal, még a hullamerevség beállta előtt felfedezték és a kifutóról eltávolították, és még aznap éjjel boncolásra került. Mivel az állat a szabad ég alatt hullott el az opportunistá hollók és varjak azonnal elkezdtek elfogyasztani az állat puhább részeit, talppárnáit, szemeit és száj környékét. A 250 kg körüli medve gyenge kondícióban volt. A szőre matt, csapzott volt és a végbél környéke bélsárral szennyezett.

A száj nyálkahártyája piszkosvörös, néhány területen cianotikus volt. A boncoláskor láthatóvá vált a medve súlyosan kopott fogazata, amely a szemfogakon volt a leglátványosabb, de a metszőfogakon és az őrlőfogakon is látható volt. A pulpaüreg több fognál is nyitott volt és több fogon fogkő volt megfigyelhető (1. ábra).

Már boncolás előtt is szembetűnő volt a kített hasüreg, amely dobos kopogtatási hangja nagy gázzal telt szervet sejtetett. A hasüreg felnyitása után láthatóvá vált a jobb oldalon elhelyezkedő, extrém módon kített gyomor, amely az epigastrium helyett a mesogastriumban volt fellelhető a vékonybelek mögött (2. ábra). A cseplesz felemelése után láthatóvá vált, hogy a gyomor az óramutató járásával megfelelő irányba 180 fokban megcsavarodott és nehezen volt az anatómiai helyére visszahelyezhető (3. ábra). A gyomor erei kitágultak és a pyloruson – vitális reakcióként – vérzések voltak láthatók (4. ábra). A gyomorban nagy mennyiségű gázzal és folyékony tartalommal kevert takarmányrészek voltak. A lép az anatómiai pozíciójától eltolódva, kismértékben megduzzadva a gyomor alatt helyezkedett el. A vékonybelek a máj mögötti és a gyomor előtti területen voltak fellelhetőek az epigastriumban, és egyes részei gázzal és folyadékkal teltek voltak, mások csak kis mennyiségű folyadékot tartalmaztak. A májon elváltozás nem volt látható, az epehólyag nagy mennyiségű epét tartalmazott. A vese kéregállományára kevésvérűség, a velő, ill. a kéreg/velő határterület bővérűség jeleit mutatta (sokkvese).

A hasüreg megnyitása után láthatóvá vált az óramutató irányába 180 fokban megcsavarodott, kitágult gyomor

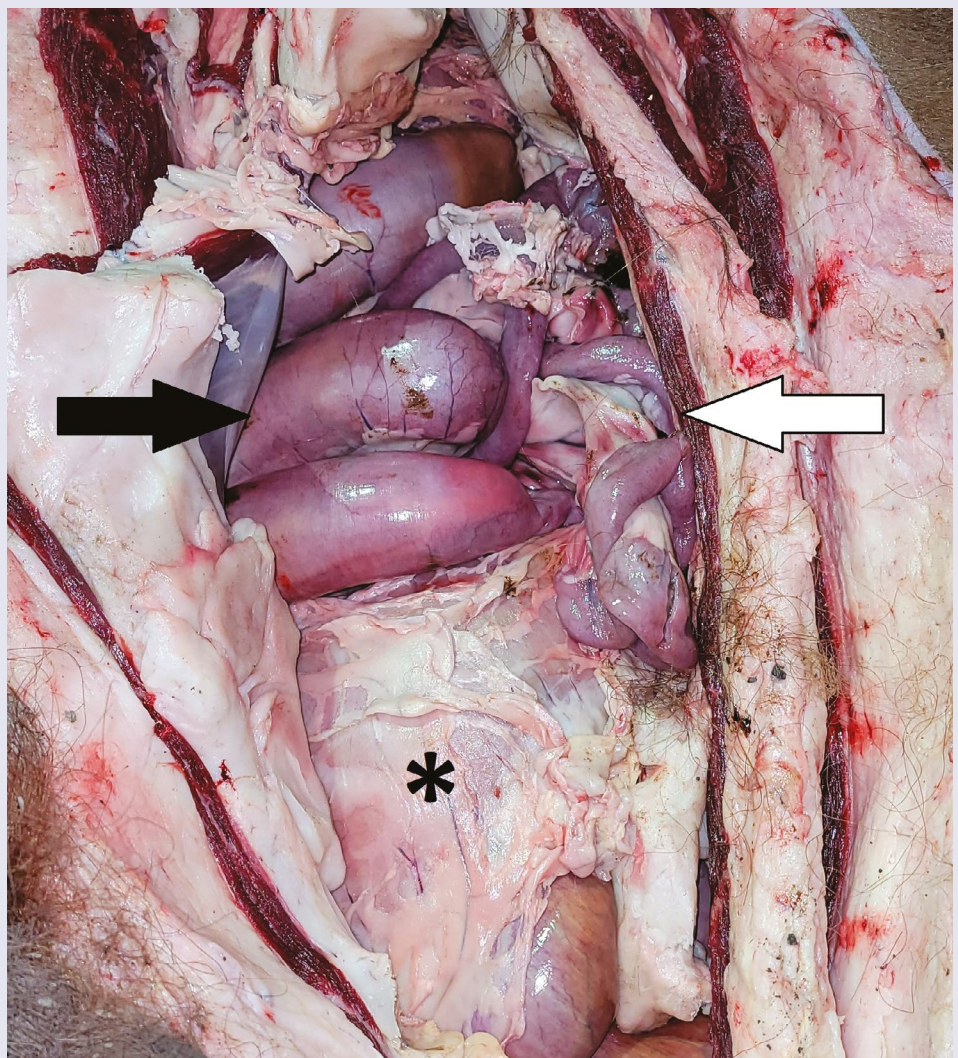
1. ÁBRA. Az idős medve extrém kopott fogzatán a pulpaüreg több fognál nyitott. A száj nyálkahártyája piszkosvörös és cianotikus, a szájszélen a hollók okozta sérülések láthatók

FIGURE 1. The old bear had extremely worn down teeth with the pulp cavity exposed on many teeth (arrows). The mucous membrane is deep red and cyanotic. Injuries caused by ravens can be seen on the lips of the animal



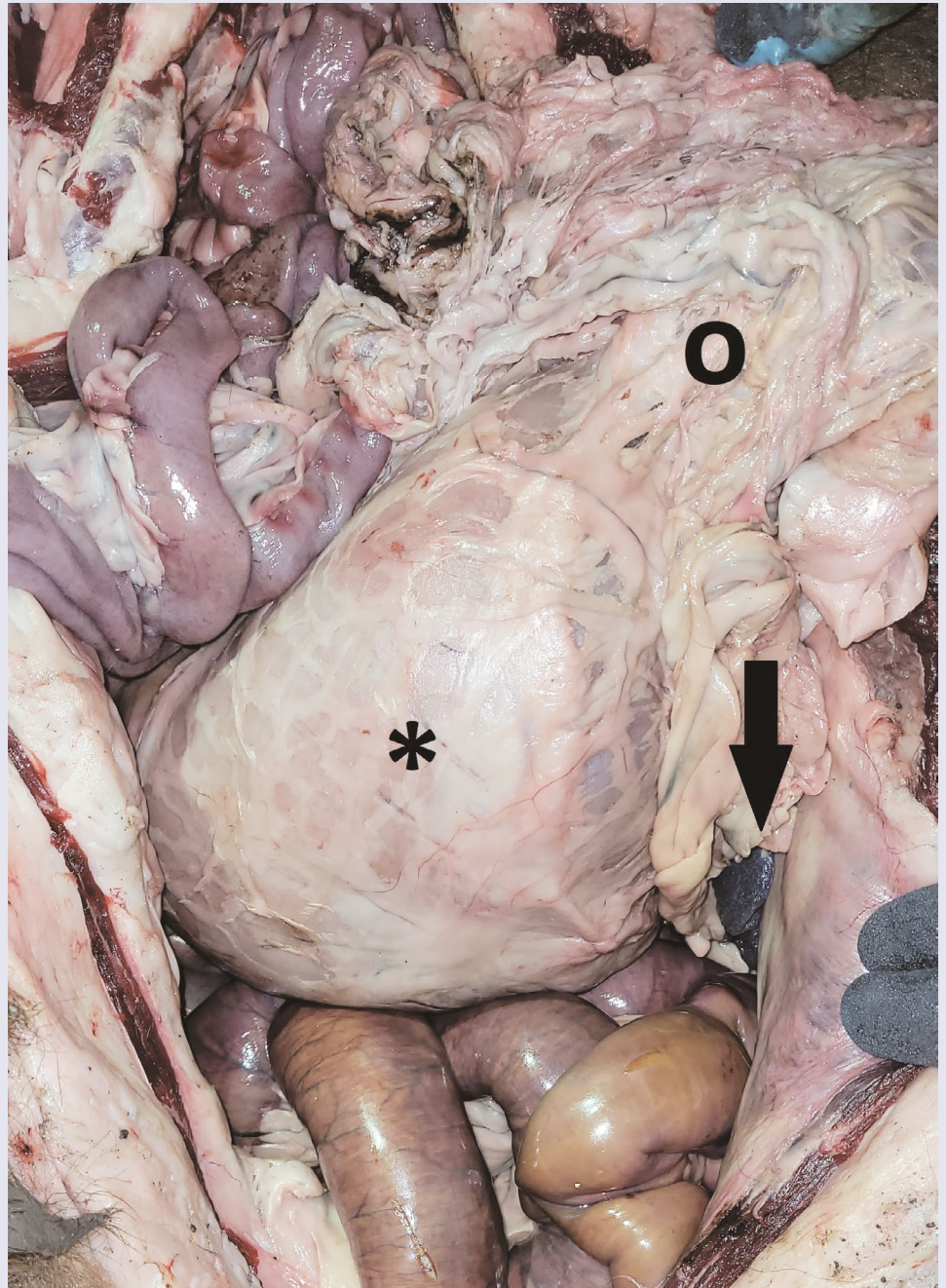
2. ÁBRA. A hasüreg megnyitása után láthatóvá válik a mesogastriumban elhelyezkedő kített gyomor (*). A gázzal és folyadékkal telt (fekete nyíl) és szinte üres (fehér nyíl) vékonybélrészek a gyomor előtt helyezkednek el

FIGURE 2. After opening the abdominal cavity the bloated stomach (*) becomes visible in the mesogastrium. The gas and fluid filled (black arrow) and almost empty (white arrow) small intestine segments are positioned in front of the stomach



3 ÁBRA. A cseplész (o) felemelése után láthatóvá vált az óramű járásával megfelelően 180 fokban megcsavarodott gázzal telt gyomor (*), amely a lépét is elmozdította anatómiai helyéről. A lép a gyomor alatt helyezkedett el és a hasüreg baloldalán az egyik vége látható (fekete nyíl)

FIGURE 3. After lifting the omentum (o) the 180 degrees clockwise rotated gas-filled stomach (*) becomes visible, which also dislocated the spleen from its anatomical position. The spleen is located under the stomach and one end is visible on the left side (black arrow)



A mellüregben a tüdőlebenyek össze voltak esve. A szív vizsgálatok makroszkópos elváltozás nem volt látható.

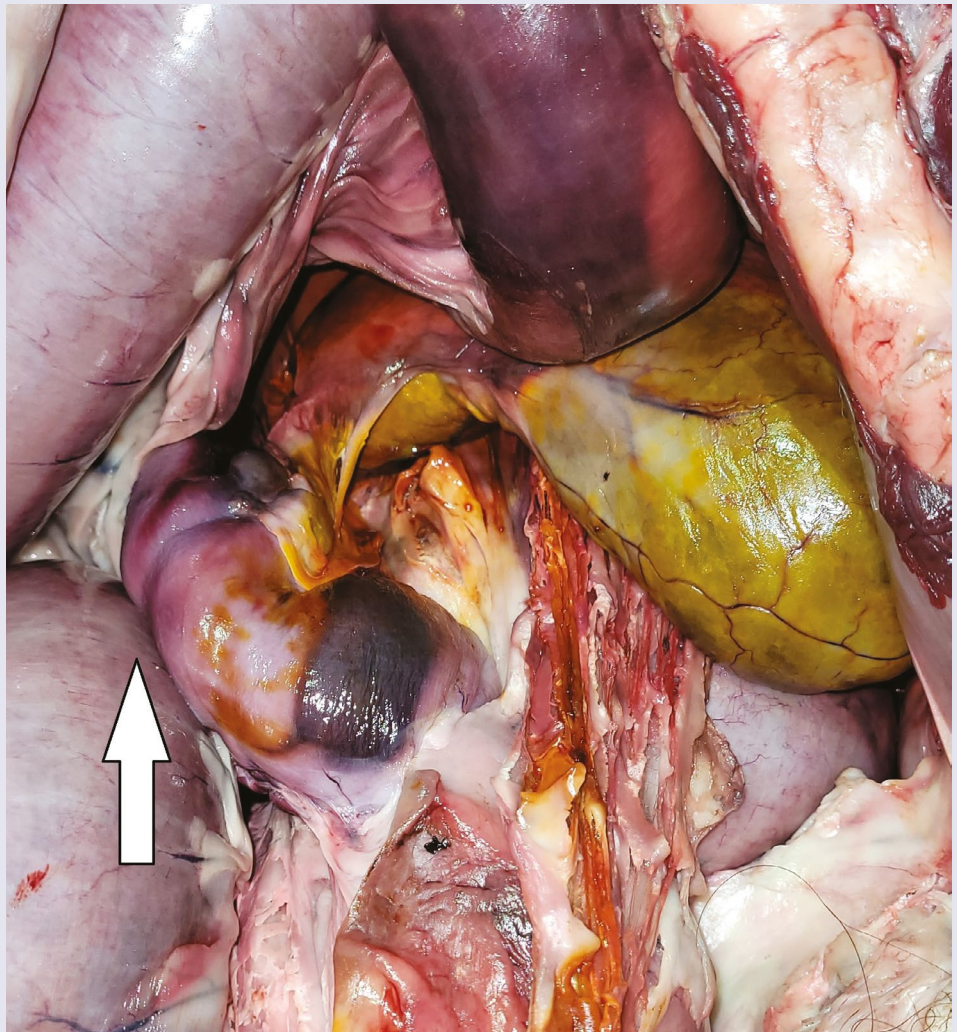
A boncolásnál tapasztalt makroszkópos kép alapján az elhullás oka egyértelmű: elsődleges heveny gyomortágulat, gyomorcsavarodás, következményes fulladás és vérkeringési zavar volt.

MEGVITATÁS

A gyomormegterhelés és következményes gyomorcsavarodás ritkán diagnosztizált kórkép medvefélékben. Az elmúlt harminc évben két esetleírást publikáltak két különböző fajnál. Mindkét esetet *post mortem* diagnosztizálták boncolás segítségével és közös volt, hogy a gyomor kitágult és óramutató járásával megfelelően 180 fokban meg-

4. ÁBRA. A pylorus területén a gyomor csavarodása és ezáltal az erek elzáródása következtében kialakult vitális reakció látható (fehér nyíl)

FIGURE 4. Due to the volvulus of the stomach which blocks the vessels and stops blood from flowing, a vital reaction on the pylorus of the stomach (white arrow) can be seen



csavarodott. Mindkét esetben elhalásokat tapasztaltak a gyomron. A vérbő lép a jobb oldalra került a gyomorcsavarodás következtében. A szerzők is *post mortem*, boncolás során diagnosztizálták a leírásra kerülő esetet. A gyomor a prezentált esetben is 180 fokban csavarodott meg óramutató járásával megegyezően és a pyloruson vérzések voltak megfigyelhetők. Viszont ebben az esetben a lép nem a hasüreg jobb oldalán helyezkedett el, hanem keresztben, a gyomor alatt és nem volt nagymértékben megnagyobbodva. A gyomor rotációja elmozdította a lépet, de nem húzta át teljesen a bal oldalról a jobb oldalra, csak beforgatta alá. Valószínűleg ezért nem alakult ki vérpangás és következményes lépduzzanat.

MARINKOVIC és mtsai kórszövettani vizsgálatokat is végeztek, AMSTRUP és NIELSEN esetében erre nem volt lehetőség. A barnamedve esetében kórszövettani vizsgálattal több szervi elváltozásra is fény derült [6, 7]. A szerzők jelen esetben nem végeztek a boncolás után további vizsgálatot, mert a diagnózis a makroszkópos kép alapján egyértelmű volt. Mivel egy nagyon öreg állatról van szó feltehetően több szervben is makroszkóposan nem látható elváltozás volt megfigyelhető.

A gyomorcsavarodás egy hirtelen bekövetkező, gyorsan az állat elhullásához vezető betegség. Az állatkertben tartott állatok folyamatos megfigyelés alatt vannak, így elmondható, hogy mind a MARINKOVIC és mtsai által leírt esetről, mind a szerzők által leírt esetről nem voltak a betegséggel egyértelműen összefüggő megelőző tünetek. Az előbbi egy jó általános állapotban lévő hím volt, az utóbbi egy öreg cachexiás nőstény. Mindkettő hirtelen előjel nélkül hullott el és mindkettőnél boncolással állapították meg a halál okát [7].

A szakirodalomban említett jegesmedve a boncolás idejére már előrehaladott bomlásnak indult [6]. A szerzők által bemutatott medve este pusztult el és még aznap éjjel felboncolták, viszont a nyitott, többhektáros kifutóra beszálló dögevő madarak már megkezdték a tetem felbontását a szemüregnél, és megcsipkedték a talpát és a száj környékét, szélét. A szabadban vagy nyitott kifutóban hagyott állatok ki vannak téve a környezeti hatásoknak. Ezek lehetnek időjárási tényezők mint a jegesmedve esetében vagy a környezetben megtalálható többi állati, mint jelen esetben a hollók és egyéb dögevők. A vadállatok – főleg nagytestűek – esetében a hűtött tárolás általában nehezen megoldható, ezért a halál beállta után minél előbb ajánlott elvégezni a boncolást.

A barnamedve átlagos élettartama 20–30 év. MARINKOVIC és MTSAI által bemutatott medve 25 éves volt és ők is geriátriai esetnek tekintették. A szerzők által bemutatott állat pontos kora ismeretlen, 30 évnél biztosan idősebb volt, már a Medveotthon nyitáskor ott volt, azelőtt filmekben szerepelt. A korából adódóan több egészségügyi problémával is küzdött. Az ízületi fájdalma korlátozta a mozgását és fájdalmat okozott, a kopott fogazata a megfelelő takarmányfelvételt nehezítette. Ezek mind hozzájárulhattak valamilyen szinten a megfigyelt, összetett oktanú kórkép kialakulásához.

A medvék gyomra hirtelen nagy mennyiségű takarmány felvételére alkalmas [6, 8]. Az állatkertben tartott medvék rendszeresen jutnak jó minőségű takarmányhoz ezért nem lenne szükséges hirtelen nagy mennyiségű táplálékot felvenniük. Az állatok territoriális magartást mutatnak és védik meg a takarmányt. Ott, ahol több medvét tartanak együtt ez konfliktushoz vezethet és a rendelkezésre álló, megfelelő mennyiségű takarmány ellenére arra ösztönzi az állatokat, hogy gyorsan, minél több táplálékot felvegyenek. Fontos az állatkertben tartott egyedek takarmányának monitorozása, mert nagyon könnyen elhízhatnak. A fogságban tartott medvéknél gyakori a heveny gyomormegterhelés és -gyulladás a habzsolás és sokféle takarmány miatt [9]. A hirtelen nagy mennyiségű takarmányfelvétel több fajnál is egy prediszpozíciós faktor a gyomorcsavarodás kialakulásához [2, 3, 5], akárcsak a gyomor megterhelése és kitágulása. Ezek a tényezők valószínűsíthető, hogy medvéknél is szerepet játszanak a gyomorcsavarodás kialakulásában annak ellenére, hogy sem az idézett szakirodalmi esetekben, sem a szerzők által boncolt példány gyomrában nem volt extrém nagy mennyiségű takarmány fellelhető.

AMSTRUP és NIELSEN szerint a vad jegesmedvék hajlamosak lehetnek a gyomorcsavarodásra a nagy testméretük és mély mellkasuk miatt, ill. mert hirtelen nagy mennyiségű takarmányt vesznek fel, amitől a gyomruk kitágul. Ennek ellenére az övék az első és egyetlen leírása ennek a kórképnek 1989 óta ebben a fajban [6]. Vannak a barna medvéknél nagyobb medve fajok, amelyeknél még sosem került leírásra gyomorcsavarodás. De valószínűsíthető, hogy hajlamosító tényező az állat mérete a betegség kialakulásában.

A medvefélék életmódjuknál fogva hozzá vannak szokva a periodikus takarmány-fogyasztáshoz. Egyszerű gyomruk hirtelen nagy mennyiségű takarmányfelvételre alkalmas. A felvett takarmányt általában jól megrágnak. Az esetben szereplő medvének nagyon rossz állapotban voltak a fogai. Tengerimalacoknál is a malocclusio lehet egy gyomorcsavarodást kialakulását elősegítő tünet. Kuttyáknál a megnyúlt függőcszalagok, a habzsolás, ill. a takarmány állapota vezethet a kórkép kialakulásához.

A vizsgált medve fogai nagyon kopottak voltak, amely valószínűleg fájdalmassá és nehézkessé tette a takarmányfelvételt, ill. rossz általános állapothoz vezethetett. Amikor a többi medvével evett egy csapatban tavasztól ősziig, a kora és állapota miatt valószínűleg nehezebben tudott a preferált takarmányhoz jutni, és amikor sikerült feltételezhetően habzsolni. Ez vezethet hirtelen gyomorkitáguláshoz és a háttérben esetleg meghúzódó multifaktoriális betegség kialakulásában.

A klinikai gyakorlatban laterolateralis röntgenfelvételek segítséget nyújtanak a gyomorcsavarodás differenciáldiagnózisában kisállatoknál, így láthatóvá válik a gyomor rendellenes helyeződése [2, 3]. A radiológiai vizsgálatok nagyméretű vadállatokban nem mindig megoldhatóak. Ez a medve egy nagy kifutóban volt több medvével, a korából és ízületi problémáiból adódóan kevesebbet mozgott, és a téli bunda miatt

A fogságban tartott medvéknél gyakori a heveny gyomormegterhelés és -gyulladás a habzsolás és sokféle takarmány miatt

Kiegészítő vizsgálatokra medvék esetében sokszor nincs lehetőség

**A medvék
gyomormegterhelésének
és következményes
gyomorcsavarodásának
diagnózisa és kezelése
nem egyszerű**

a kórkép által okozott hasüregi tágulat is kevésbé volt látható. A gyomormegterhelés és következményes gyomorcsavarodás egy gyorsan kialakuló betegség, amely gyors és hirtelen halálhoz vezet [2, 3]. Az ápolók már csak a halott medvét találták meg. A vadállatorvoslásban az állatok vizsgálata, mozgatása, kiegészítő vizsgálatok végzése mind altatást és viszonylag sok és precíz szervezést igényel. Ha nem egyértelmű a diagnózis az állatokat a tünetek alapján a kifutóban próbálják először kezelni. Ha korábban fedezték volna fel az ápolók, valószínűleg akkor sem a radiológiai vizsgálat és a műtét lett volna a kezelés menete. A gyomorcsavarodás diagnózisát ilyen esetben sürgősségi diagnosztikai laparotómiával lehetne felállítani. Egy ilyen idős és ilyen állapotban lévő medvénél azonban nem életszerű egy diagnosztikai laparotómia, terepi körülmények között igen korlátozottak a tárgyi és személyi feltételek.

Kisállatklinikumban, a kutyák esetében a felfúvódott állat gyomrából a gázt trokár segítségével le lehet engedni és gyomorszondával el lehet távolítani a tartalmat. Tengerimalacoknál gyomorszonda használható, de a trokár használat kontraindikált, mert hashártyagyulladásra vezet [10]. Medvékben nincs ezzel kapcsolatos tapasztalat. Egy éber medvénél a gyomor kikapogtatása szinte lehetetlen, az állat veszélyessége miatt nem megoldható ezért a diagnózis felállítása is nehéz.

A medvék gyomormegterhelésének és következményes gyomorcsavarodásának diagnózisa és kezelése nem egyszerű. A nem specifikus tünetek miatt a differenciáldiagnózis is nehéz és ez egy nagyon ritkán előforduló kórkép. A diagnózist segítő egyéb vizsgálatok elvégzésének nehézsége, és az állatok vizsgálhatóságának korlátai tovább nehezítenek az időbeni diagnózison. A sürgősségi diagnosztikai laparotómia nagyon nehezen megoldható, mert kevés idő áll rendelkezésre a tényleges beavatkozásra, egy életmentő műtét tárgyi és személyi feltételei nagy testű vadállatok esetében nem mindenhol állnak rendelkezésre, ezért ez az elváltozás valószínűleg továbbra is inkább *post mortem* kerül diagnosztizálásra.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetet mondanak SZÉKELY JÁNOSNAK, FEKETE GABRIELLÁNAK és a Veresegyházi Medveotthon dolgozóinak a segítségért.

IRODALOM

- Richardson VCG (2000) The digestive system In: Richardson VCG (ed) Disease of Domestic Guinea Pigs, 2nd ed. Blackwell Publishing. pp. 50–61
- Hedlung ChS, Fossum TW (2007) Surgery of the Stomach. In: Fossum TW (ed.) Small Animal Surgery 3rd ed., Elsevier, Saunders. St. Louis, USA. pp. 409–442
- Cornell K (2012) Stomach In: Tobias KM, Johnston SA (eds.): Veterinary Surgery: Small Animal. Saunders, Elsevier. St. Louis, pp. 1484–1512
- Nógrádi AL, Csikó G, Gál J (2015) Gyomormegterhelés és helyzetváltozás tengerimalacban (*Cavia porcellus*): Esetismertetés. Magy Állatorvosok Lapja.137(3):159–165
- Nógrádi AL, Cope I, Balogh M, Gál J (2017) Review of gastric torsion in eight guinea pigs (*Cavia porcellus*). Acta Vet Hung.65(4):487–99, <https://doi.org/10.1556/004.2017.046>
- Amstrup SC, Nielsen CA (1989) Acute gastric dilatation and volvulus in a free-living polar bear. J Wildl Dis.25(4):601–4, <https://doi.org/10.7589/0090-3558-25.4.601>
- Marinković D, Özvegy J, Aničić M, Vučićević I, Nešić S, Kukulj V (2016) Gastric Dilatation and Volvulus in Brown Bear (*Ursus arctos*). Acta Vet Beograd.66(3):422–428, <https://doi.org/10.1515/acve-2016-0036>
- Best RC (1977) Ecological aspects of polar bear nutrition. In: Phillips RL Jonkel C (eds) Proceedings of the 1975 predator symposium. University of Montana, Missoula, Montana, pp. 203–211
- Wallach J (1978) Ursidae. In: Fowler ME (ed) Zoo and Wild Animal Medicine. WB Saunders Co. Philadelphia, Pennsylvania pp. 628–637
- Hawkins MG (2012) Disease problems of Guinea Pigs. In: Quesenberry KE, Carpenter JW (eds.) Ferrets, Rabbits, and Rodents: Clinical Medicine and Surgery. Elsevier, Saunders. St. Louis, USA. pp. 295–310

Közlésre érck.: 2023. jún. 10.

Necrotic inflammation of the testis caused by *Salmonella enterica* subspecies *enterica* serovar Farmingdale in an Egyptian sand boa (*Eryx colubrinus colubrinus*, Linnaeus, 1758)

J. Gál^{1*}
Á. Zíszisz¹
Z. Vincze¹
G. Halász¹
T. Kanyorszky¹
A. L. Nógrádi¹
M. Mándoki²
L. Makrai³

1. Állatorvostudományi Egyetem
Egzotikusállat- és
Vadegészségügyi Tanszék
H-1078 Budapest István u. 2.

2. Állatorvostudományi Egyetem
Patológiai Tanszék, Budapest

3. Autovakcina kft., Budapest

*email: gal.janos@univet.hu

***Salmonella enterica* subspecies *enterica* serovar Farmingdale okozta elhalásos heregyulladás egyiptomi homoki boában (*Eryx colubrinus colubrinus*, Linnaeus, 1758)**

Gál János^{1*}, Zíszisz Árisz¹, Vincze Zoltán¹, Halász Gábor¹, Kanyorszky Tünde¹, Nógrádi Anna Linda¹, Mándoki Míra², Makrai László³

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők az Állatorvostudományi Egyetem Egzotikusállat- és Vadegészségügyi Tanszékén végeztek patológiai vizsgálatokat egy vadon befogott, ismeretlen korú egyiptomi homoki boa (*Eryx colubrinus colubrinus*, Linnaeus, 1758) tetemén. A boncolás során a jobb oldali here megnagyobodott volt, a kórszövettani vizsgálatok alapján pedig az elváltozás elhalásos gyulladásnak bizonyult. A májból és a heréből *Salmonella enterica* subspecies *enterica* serovar Farmingdale került azonosításra. A szalmonellózis ritkán okoz megbetegedést vagy elhullást hüllők esetében, azonban az egyik leggyakrabban előforduló zoonózis. A szakirodalomban, a vizsgált fajban, még nem írtak le a szerzők által megfigyelt elváltozásokat.

SUMMARY

Background: The Egyptian sand boa is a small viviparous species, which is currently considered as a geographic variety of the Kenyan sand boa (*Eryx colubrinus loveridgei*, Stull, 1932). Reptiles are often asymptomatic carriers of *Salmonella enterica*. Their incidence has been confirmed in both captive and wild reptiles. *Salmonella enterica* can cause morbidity if the immune system is suppressed, and in these cases bacteria can spread to and colonise various organs. No pathological lesions caused by *Salmonella enterica* have been reported so far in sand boas.

Materials and Methods: The carcass was brought in to the Department of Exotic Animal and Wildlife Medicine of the University of Veterinary Medicine Budapest for pathological examination. The right testis was found to show abnormalities during the necropsy performed in accordance with professional guidelines. Organ samples were inoculated onto Columbia blood agar and MacConkey agar plates and incubated for 48 hours at 25 °C and 37 °C in aerobic and anaerobic environment. Bacterial isolates were identified on genus level on the basis of morphological, cultural and biochemical features, and on species level using mass spectrometry (BRUKER MALDI-TOF Biotyper). The isolated *Salmonella enterica* strain was serotyped with standard methods (MSZ CEN ISO/TR 6579-3:2014). Histological sections from the abnormal testis were stained with hematoxylin and eosin.

Results and Discussion: The right testis of the animal was enlarged and ten times the size of the left one, spindle-shaped, firm to the touch, and of a greyish-brown colour. The culture grown from samples from the testis contained bacteria of uniform colony morphology, which was identified as *Salmonella enterica* with the MALDI-TOF technique. The isolate belonged to the serotype *Salmonella enterica* subspecies *enterica* serovar Farmingdale. Necrotic tissues with uniform eosin staining and a more intense colour were found centrally in the parenchyma during the histopathological examination. The bacteria colonised the testis in this case and caused a necrotic inflammation there, which led to septicemia and the animal's death.

Az egyiptomi homoki boa a jelenlegi taxonómiai besorolás alapján nem önálló alfaj, hanem a kenyai homoki boa (*Eryx colubrinus loveridgei*) lokalitása, amely Egyiptom területén fordul elő [1]. Az egyiptomi változat jóval kisebb marad, mint a kenyai, színei világos, homok-barnák, matt sárgásbarnák. A hímek ritkán nőnek nagyobbra, mint 40 cm és a nőtények is csupán 50–60 cm-t érnek el [1, 2]. Sivatagos, laza szerkezetű homoktalajokban ásó életmódot folytatnak. Szaporodási stratégiájuk szerint viviparák, azaz eleven utódoknak adnak életet, amelyek a hártya vékonyságú tojáshéjat a megszületésük utáni percekben szakítják fel [1–3]. A nőtény méretétől függően 8–15 utód lehet egy fészekaljban.

Az egyiptomi homoki boa a kenyai homoki boa lokalitásának tekinthető

A hüllőfajok széles körének nyálkahártyáin, elsősorban az emésztőcsatornában tünetmentesen jelen lehetnek szalmonellák

A hüllőkben sokszor tünetmentesen jelen lehetnek a *Salmonella* baktériumok, amelyek gyakran zoonózist idézhetnek elő a hüllőtartókban [4–6]. A baktériumok, az *Enterobacteriaceae* családba tartoznak, a *Salmonella* genus tagjai, Gram-negatívan festődnek, fakultatív anaerobok, mozgásra képesek, igen elterjedt kórokozók, szinte mindenütt megtalálhatók, így az állatok testfelszínén, bélcsatornájában, de a szabad környezetben is. A *Salmonella* genuson belül két fajt (*S. enterica*, *S. bongori*), hat alfajt és több mint 2500 szerotípust találhatunk [7, 8]. Számos *Salmonella* szerotípus (*S. Newport*, *S. Muenster*, *S. Senftenberg*, *S. Havana*, *S. Oldenburg*, *S. Minnesota*, *S. Aqua*, *S. Anatum*, *S. Mokola*, *S. Apapa*, *S. Enteritidis*) jelenlétét igazolták már, akár vadon, akár terráriumi viszonyok között élő hüllőkben, amelyek tünetmentesen hordozták ezeket a baktériumokat [4, 5, 9–11].

A hüllőfajok széles körének nyálkahártyáin, elsősorban az emésztőcsatornában jelen lehetnek, akár a normál bakterióta alkotóiként is a szalmonellák [7, 8]. A betegség fellépése nagyon ritka és a kialakulásához is alapvetően valamilyen, az immunrendszert gyengítő vagy károsító hatás szükséges [12]. Az immunszuppresszív hatás esetén a kórokozók elárasztják a szervezetet és igen változatos helyeken képesek megtelepedni, szervi elváltozásokat, sokszor elhalásos gyulladásokat előidézve. Így gyakran az ivarszervekben, de a májban, a lépben, a vesében vagy akár a tüdőben is megtelepedhetnek. Magyarországon eddig kisszámú kutatás foglalkozott főleg az importált hüllők *Salmonella*-fertőzöttségének a vizsgálatával, aminek kapcsán hazánkban eddig nem ismert *Salmonella* szerotípusokat azonosítottak. [9, 13]. Klinikailag tünetmentes Kalabár földipitonokban (*Calabaria reinhardtii*) *Salmonella* Mokola és *Salmonella* Apapa baktériumok voltak izolálhatók a kloákatampon-mintákból szelektív dúsítással [9].

Hazánkban eddig egy vadbefogásból származó, nőtény szenegáli kaméleonban (*Chamaeleo senegalensis*) *Salmonella* Uzaramo okozta petetüsző-elfajulást írtak le [13]. Egy másik alkalommal egy ivarérett nőtény közönséges chuckwallában (*Sauromalus ater*) a lépben, a tüdőben és a petetüszőkben gyulladásos-elhalásos góccal kialakulásával járó, *S. enterica* ssp. *Houtenae* okozta vérfertőzésről számoltak be [14].

A hozzáférhető szakirodalomban nem találtunk leírást hüllők heréjében és különösen homoki boákban (*Eryx* sp.) *Salmonella* baktériumok okozta elváltozásról.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A szerzők egy befogott, ismeretlen életkorú, de 15 éve fogságban élő, egyiptomi homoki boa tetemét boncolták

Az Állatorvostudományi Egyetem Egzotikusállat- és Vadegészségügyi Tanszékére diagnosztikai vizsgálatra hoztak egy szabad élőhelyről befogott, ismeretlen életkorú, de ismertén 15 éve fogságban élő, egyiptomi homoki boa (*Eryx colubrinus colubrinus*) hímét. A kígyót egy tenyészetben 25 × 35 cm alapterületű és 20 cm magas, üvegből készült, talajfűtővel fűtött terráriumban tartották, amelynek aljára homokot terítettek 7 cm vastagságban. A kígyó terráriuma alatt a fűtőkábel éjjel-nappal működött, lokálisan 33 °C-os hőmérsékletet biztosított, míg a légtérben 27–29 °C-os volt a levegő hőmérséklete, napszakos ingadozást mutatva. Itatótálban folyamatosan friss ivóvíz állt az állat rendelkezésére. A kígyót két-három hetente 2–3 darab, 1–1,5 hetes egérrel etették.

Az állat elhullása előtt 7 hónappal abbahagyta a táplálkozást, amit nem tartottak különlegesnek a tulajdonosok, hisz a homokiboa hímek akár 8–10 hónapig sem táplálkoznak az ivarérettségük elérését követően.

Az állat a szakma szabályai szerint került boncolásra, ennek során a külső vizsgálatot követően felnyitottuk a testüreget teljes hosszában. A száj-garatüreg vizsgálata után a nyelőcső és gyomor is feltárással került. Ezt követően a májat tekintettük meg, majd a bélcsatorna mellett, a májtól kissé távolabb a lép és a hasnyálmirigy szomszédságában helyeződő epehólyag vizsgálata is megtörtént. A bélcsatorna felnyitása és a tartalom értékelése után a vesék és az ivarszervek vizsgálata következett. Végül a légcső és a tüdőzsák felnyitása majd értékelése történt meg, amit a szívburok és a szív követett.

Az elváltozást mutató heréből bakteriológiai vizsgálatot végeztek

Az elváltozást mutató heréből annak felszínének leégetését követően, steril oltókaccsal Columbia-véresagarra, valamint MacConkey-agarra oltottuk ki a mintát, majd a táptalajokat 25 °C, ill. 37 °C-on, 48 órán keresztül aerob és anaerob körülmények között is inkubáltuk. A primer tenyészetből háromszori átoltás után megvizsgáltuk a kinőtt baktériumizolátum elsődleges morfológiai, tenyésztési, ill. biokémiai tulajdonságait. A baktériumizolátum fajszintű azonosítását tömegspektroszkópiás módszer segítségével (BRUKER MALDI-TOF Biotyper) végeztük el. A kitenyésztett *Salmonella* izolátumot standard módszert használva (MSZ CEN ISO/TR 6579-3:2014) szerotipizáltuk.

A boncolás során vett, elváltozást mutató here részletét 24 órán át szobahőmérsékleten 10%-os pufferolt formaldehid-oldatban fixáltuk. Ezt a folyamatot a paraffinos beágyazás követte, majd a blokkokból 3–4 µm vastagságú metszeteket készítettünk, amelyeket hematoxilinal és eozinnel festettünk meg.

EREDMÉNYEK

A diagnosztikai vizsgálatra hozott 38,5 cm hosszúságú, 105,5 g testtömegű, ivarérett, hím egyiptomi homoki boa köztakarója ép volt, a pikkelyek simák, fényesek, tetőcserépszerűen egymásra borulva fedték a testet. A száj-garatüreg kóros eltérést nem mutatott, ahogy a szemek és a kloáka sem.

A testüreget megnyitva az azt bélelő savóshártya ép, fényes, áttetsző réteggépedte a zsigeri szerveket is. A felvágott száj-garatüregtől caudalisan a felnyitott nyelőcső és a gyomor sem mutatott kóros eltérést. A nyelőcső nyálkahártyája hosszanti ráncokat vetett, halvány rózsavörös, ép, míg a gyomor kifejezettebb, de könnyen elsímítható nyálkahártya ráncjai és a felszíne sötétebb rózsavörös volt. A bélcsatornában a nyálkahártyáról könnyen levonható, igen kevés, nyálkás tartalmat lehetett csak megfigyelni. A máj hosszant megnyúlt, sárgásbarna, szivar alakú volt, de a fiziológiás méretekhez képest megkisebbedett. A gömb alakú epehólyag és a mellette található szintén gömb alakú, de barnavörös színű lép, ill. az ugyanitt elhelyezkedő, világos, szürkésbarna, lebenyezett hasnyálmirigy nem mutatott kóros eltérést. A vesék rendes alakúak és nagyságúak, barnavörös színűek, lebenyezettek voltak. A hajszálvékony húgyvezetők szürkésfehér, húgysavas sókkal voltak kitelve. Ugyanígy a vesék felszínén is látható volt a vonalszerű, sugárirányban futó szürkésfehér rajzolat, amelyet a húgysavas sók alkottak.

A szívburokban fiziológiás mennyiségű, borostyánsárga, vízszerű tartalom volt és a szív sem mutatott kóros eltérést. A légcső és a felnyitott tüdőzsák ürege tartalomtól mentes, az utóbbi élénk téglavörös, fala szivacsos szerkezetű volt.

A jobb oldali here megnagyobbodott, a bal oldalánál kb. tízszer nagyobb, orsó alakú, tömött tapintatú, szürkésbarna színű volt (1. ábra). A metszéspal száraz, félkemény sajt állagú volt. A bal oldali here szürkésfehér, orsó alakú, petyhüdt tapintatú képletként foglalt helyet a vesétől cranialisan.

A jobb oldali here megnagyobbodott, a bal oldalánál kb. tízszer nagyobb, orsó alakú, tömött tapintatú, szürkésbarna színű volt

1. ÁBRA. Elhalásos gyulladással érintett here (1) a bélcső (2) és a zsírtetek (3) között egyiptomi homoki boában (*Eryx colubrinus colubrinus*)

FIGURE 1. Testis (1) with necrotic inflammation between the intestinal canal (2) and corpora adipose (3) (*Eryx colubrinus colubrinus*)



A bakteriológiai vizsgálattal az elváltozást mutató herében *Salmonella enterica subspecies enterica serovar Farmingdale-t* azonosítottak

A szervmintából színtenyészetben egyféle telepmorfológiájú, 2–3 mm átmérőjű, szürkés, nem hemolizáló baktériumok indultak növekedésnek Columbia-véresagaron (2. ábra), amelyek MacConkey-agaron laktóz-negatívnak bizonyultak. MALDI-TOF-vizsgálattal az izolátumot *Salmonella enterica* fajba sikerült besorolni (1.táblázat). Az izolátum a *Salmonella enterica* subspecies *enterica* serovar Farmingdale szerotípusba tartozott.

2. ÁBRA. Az egyiptomi homoki boa heréjéből nőtt 2–3 mm átmérőjű szürkés, nem hemolizáló telepek (Columbia-véresagar, 24 óra, 37 °C)

FIGURE 2. Greyish non-haemolytic colonies 2–3 mm in diameter grown from samples from the testis of an Egyptian sand boa (Columbia blood agar, 24 hours, 37 °C)



1. TÁBLÁZAT

A baktérium-izolátum
MALDI-TOF-vizsgálatának
eredménye

TABLE 1.

Results of the MALDI-TOF
test of the bacterial isolate

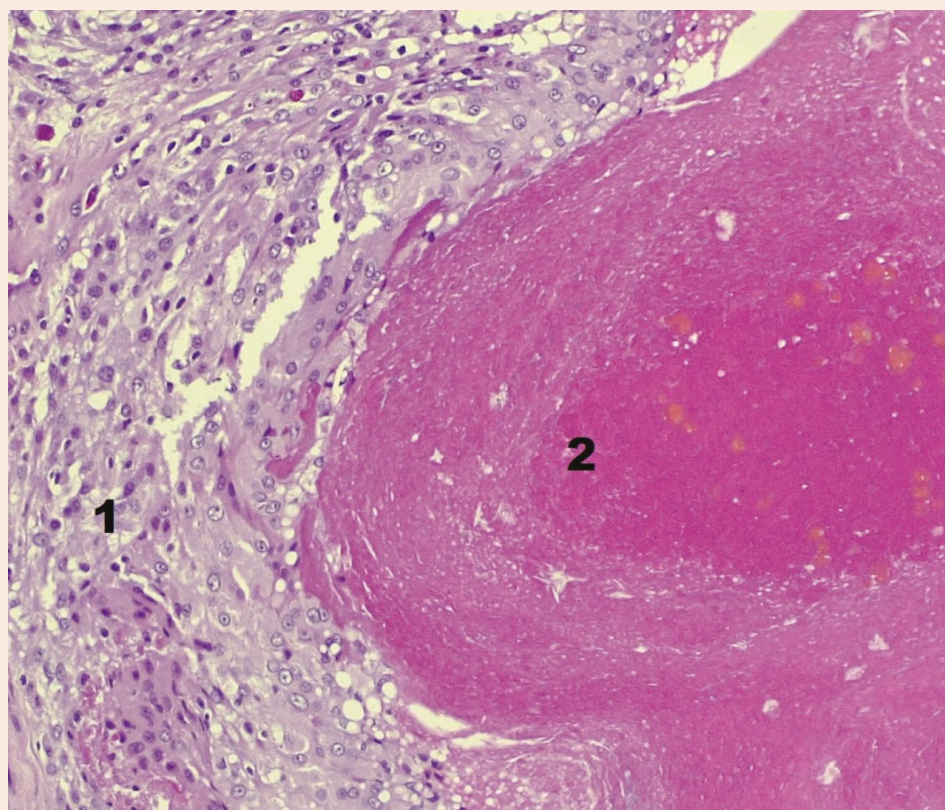
Rangsor (Minőség)	Illeszkedő minta	Pontszám Érték	NCBI Azonosító
1 (+)	Salmonella sp (enterica st Houtenae) DSM 9221T HAM	1.92	59205
2 (+)	Salmonella sp (typhimurium) 12 LAL	1.85	602
3 (+)	Salmonella sp (enterica st Dublin) Sa05 188 VAB	1.80	98360
4 (+)	Salmonella sp (enterica st Hadar) Sa05 506 VAB	1.80	149385
5 (+)	Salmonella sp (enteritidis) 25089078 (PX) MLD	1.75	592
6 (+)	Escherichia coli MB11464 1 CHB	1.74	562
7 (-)	Escherichia albertii DSM 17582T HAM	1.63	208962
8 (-)	Salmonella sp (enterica st Anatum) 11 LAL	1.63	58712
9 (-)	Salmonella sp (enterica st Diarizonae) DSM 14847T HAM	1.61	59204
10 (-)	Citrobacter koseri Mu15167 1 CHB	1.60	545

**Kórszövettani
vizsgálattal a here
állományának súlyos
fokú, elhalásos
jellegű gyulladását
figyelték meg**

Az érintett here kórszövettani vizsgálata során a parenchyma helyén eoizzal egyneműen festődő, hagymalevélszerű rétegzettséget mutató, a centralis részen intezivebb színű, elhalt tartalom volt megfigyelhető. Az elhalt, elsajtosodott centralis részt lympho-histiocytás gyűrű övezte, amelyben óriássejt-képződés jelei nem látszóttak. Kívülről, az egész területet érésben lévő, lazább szerkezetű kötőszöveti réteg vette körül (3. ábra).

3. ÁBRA. Kötőszövetes tokkal,
macrophagokkal (1) elhatárolt,
elsajtosodott, elhalt (2)
hereparenchyma
H.-E. 100×

FIGURE 3. Necrotic, caseated (2)
testicular parenchyma surrounded
by connective tissue and
macrophages (1)
H.-E. 100×



**A betegség
kialakulásában
feltehetőleg
immunszuppresszív
hajlamosító tényező
játsszhatott szerepet**

MEGVITATÁS

Esetünkben egy idős (legalább 15 éve fogságban élő) ivarérett, hím egyiptomi homoki boa (*Eryx colubrinus colubrinus*) heréjében *Salmonella enterica* subspecies *enterica* serovar Farmingdale okozta elhalásos gyulladást lehetett megfigyelni. Ilyen elváltozásról a hozzáférhető szakirodalomban nem találtunk adatokat kigyókban. A szakirodalom alapvetően ritka elváltozásnak tartja a szalmonellák okozta kóros szervi eltéréseket. Akkor léphet fel ilyen kórfolyamat hullőkben, ha az érintett állat korábban tünetmentesen fertőzött volt a baktériumokkal és valamilyen hajlamosító tényező, stresszor (alacsonyabb környezeti hőmérséklet, táplálékhiány, szállítás stb.) hatására a védekező képessége meggyengült és a szalmonellák el tudták árasztani a szervezetet. A baktériumok sokszor az ivarszervekben, több szakirodalmi adat szerint gyakran a petefészekben [13, 14], de az egyéb szervekben (májban, lépben, csontokban) is megtelepedve azokban elhalásos gyulladást idézhetnek elő. Az esetünkben a baktériumok a herében telepedtek meg és ott alakult ki a jellegzetes elváltozás.

Mivel az ilyen szervi elváltozások sok esetben tünetszegények, sokszor csak a táplálék felvétel marad el, nagy jelentősége van a képződiagnosztikai vizsgálatoknak (röntgen-, ultrahang-vizsgálat, CT) a kórkép megállapításában.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozunk Pop RENÁTÁNAK a kórszövettani metszetek elkészítésében a vizsgálatok lefolytatásában nyújtott segítségéért.

IRODALOM

1. Treacher W. H. (2014) The sand boa book. Trear Publishing, California pp. 14–19
2. Jones C (2004) Sand boas. *Reptila*. 34:12–23.
3. Jones C. (2004) Breeding Eurasian sand boas. *Eryx jaculus*, *Eryx miliaris*, *Eryx tataricus*. *Reptila*. 34: 24–28.
4. Briones V, Téllez S, Goyache J, Ballesteros C, Pilar Lanzarot M, Domínguez J, Fernández-Garayzábal J F (2004), *Salmonella* diversity associated with wild reptiles and amphibians in Spain. *Environ Microbiol* 6:868–871. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2004.00631.x>
5. Corrente M, Madio A, Friedrich K G, Greco G, Desario C, Tagliabue S, D'Incau M, Campolo M, Buonavoglia C (2004) Isolation of *Salmonella* strains from reptile faeces and comparison of different culture media. *J Appl Microbiol* 96:709–715. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2004.02186.x>
6. Stephen J. Divers, Scott Stahl (eds) (2019) *Mader's reptile and amphibian medicine and surgery*, 3rd edition. Elsevier, St. Louis pp. 1337–1338
7. Giannella, R. A. (1996) *Salmonella* Medical Microbiology Galveston (TX): University of Texas Medical Branch at Galveston, chap 21.
8. Gál J, Pilis T, Adrián E, Mándoki M (2014) Magyarországon eddig nem izolált salmonella szerotípusok kimutatása Afrikából importált Kalabár földipitonban (*Calabaria reinhardtii*). *Magy Állatorvosok Lapja*, 136:309–312.
9. Mermin J, Hutwagner L, Vugia D, Shallow S, Daily P, Bender J, Koehler J, Marcus R, Angulo FJ; Emerging Infections Program FoodNet Working Group (2004) Reptiles, amphibians, and human *Salmonella* infection: a population-based, case-control study. *Clin Infect Dis* 38:253–61. <https://doi.org/10.1086/381594>
10. Sanyal D, Douglas T, Roberts R (1997) *Salmonella* infection acquired from reptilian pets. *Arch. Dis. Child*. 77:345–346. <http://dx.doi.org/10.1136/adc.77.4.345>
11. Fowler M E, Miller R E (2008) *Zoo and Wild Animal Medicine: Current Therapy*. Elsevier Health Sciences; 2008. 547.
12. Bölcskei Molnár A, Gál J, Jacsó O, Jánosi K, Adrián E (2009) *Foleyella furcata* (Linstow, 1889) fertőzés és *Salmonella* Uzaramo okozta, idült petefészek-gyulladás importált szenegáli kaméleonban (*Chamaeleo senegalensis*). *Magy Állatorvosok Lapja*, 131: 120–124.
13. Gál J, Géczy Cs, Makrai L, Orosi Z, Adrián E, Hoitsy M (2018) *Salmonella enterica* ssp. *houtenae* okozta vérfertőzés ivarérett nőstény közönséges chuckwallában (*Sauromalus ater* Duméril, 1856) *Magy Állatorvosok Lapja*, 140. 151–156.
14. Geue L, Löschner U (2002) *Salmonella enterica* in reptiles of German and Austrian origin. *Vet Microbiol* 84:79–91. [https://doi.org/10.1016/S0378-1135\(01\)00437-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1135(01)00437-0)

Közlésre érck.: 2023. aug. 30.

The main application possibilities of the LAMP (Loop-mediated Isothermal Amplification) technique in veterinary science

Literature review

O. Zorkóczy K.¹

Zs. Bujtor¹

A. Szives¹

L. Ózsvári^{2,3}

Zs. Wagenhoffer¹

P. Zenke^{1*}

1. Állatorvostudományi Egyetem, Állattenyésztési, Takarmányozástani, és Laborállat-tudományi Intézet, H-1078 Budapest, István utca 2.

2. Állatorvostudományi Egyetem, Gazdaságtudományi és Biostatistikai Intézet, Törvényszéki Állatorvostani és Gazdaságtudományi Tanszék, Budapest

3. Fertőző Állatbetegségek, Antimikrobiális Rezisztencia, Állatorvosi Közegészségügy és Élelmiszerlánc-biztonság Nemzeti Laboratóriuma, Állatorvostudományi Egyetem, Budapest

*e-mail: zenke.petra@univet.hu

A LAMP- (hurok által közvetített izotermikus sokszorosítás) technika fő alkalmazási lehetőségei az állatorvostudományban

Irodalmi összefoglaló

Zorkóczy K. Orsolya¹, Bujtor Zsófia¹, Szives András¹, Ózsvári László^{2,3}, Wagenhoffer Zsombor¹, Zenke Petra^{1*}

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők irodalmi adatok és saját tapasztalataik alapján bemutatják a hurok közvetítette izotermikus amplifikációs (Loop-mediated Isothermal Amplification, LAMP) technika számos alkalmazási lehetőségét az állatorvostudományban, különösen a fertőző betegségek diagnosztizálásában. Az állattenyésztésben az embriók és ivari dimorfizmust kevésbé mutató fajok ivari azonosítása, az élelmiszer-vizsgálatok területén pedig a faji eredet meghatározása szintén megvalósítható ezzel a módszerrel. Az összefoglalóban bemutatják a rendelkezésre álló főbb vizsgálati lehetőségeket ezeken a területeken. A LAMP-technika gyorsasága és pontossága miatt ígéretes diagnosztikai eszköz az állatorvosi gyakorlatban, amely költséghatékony működése, egyszerű kivitelezhetősége és minimális műszerigénye miatt lehetőséget ad nagy mintaszámú vizsgálatok akár helyszíni alkalmazására is.

SUMMARY

The Loop-mediated Isothermal Amplification (LAMP) technique has various application possibilities in veterinary sciences, particularly in diagnosing infectious diseases, animal husbandry, and food testing. In this summary, the authors show how the technique is utilized in these fields. LAMP is widely used in veterinary medicine for the sensitive, rapid and accurate diagnosis of infectious diseases in animals. The technique allows for the detection of specific DNA or RNA sequences of pathogens present in clinical samples, such as blood, tissues, urine, a feces, or swabs. LAMP is highly sensitive and specific, and can provide results as quickly as 30-60 minutes, making it valuable in identifying pathogens responsible for diseases in livestock and pets. It aids in early detection, surveillance, and control of infectious diseases, allowing for prompt treatment and prevention measures. LAMP can also be applied to determine the sex of several domestic animals. This information allows for the selection of specific traits associated with either sex and optimizing breeding strategies, and it is crucial for dairy and beef cattle breeding programs. To ensure the safety and quality of animal-derived food products, LAMP can be used to identify the species components of meat and milk products, and therefore, can detect adulteration or mislabeling. This helps to ensure the accuracy of labeling, meet regulatory requirements, and prevent fraudulent practices in the meat and dairy industry. Overall, LAMP's simplicity, rapidity and accuracy make it a promising cost-efficient diagnostic tool with the potential for on-site applications of a large number of samples in veterinary practice.

Az állatorvosi tudományokban a korszerű molekuláris genetikai vizsgálatok mára nélkülözhetetlenné váltak. A hurok által közvetített izotermális sokszorosítás (Loop-mediated Isothermal Amplification, LAMP) az élettudományok területén egyre szélesebb körben alkalmazott módszer a nukleinsav-szakaszok vizsgálatára. A hasonló célra használt egyik legismertebb technikától, a polimeráz láncreakciótól (Polymerase Chain Reaction, PCR) főképpen az különbözteti meg, hogy a PCR során ciklusonként ismételt hőmérsékleti profil helyett izotermális, azaz állandó hőmérsékletű környezetben megy végbe a reakció és általában rövidebb idő alatt. Bár az elmúlt évtizedekben számos egyéb, a DNS-szakaszok sokszorosításán alapuló vizsgálati módszert fejlesztettek ki (pl. Rolling Circle Amplification, RCA; Standard Displacement Amplification, SDA), egyik sem terjedt el a LAMP technika-hoz hasonló mértékben az állatorvosi vizsgálatok területén.

A hurok által közvetített izotermális sokszorosítás (LAMP) egyre szélesebb körben alkalmazott módszer

TECHNIKAI HÁTTÉR ÉS ELŐNYÖK

A LAMP-módszert csaknem negyed évszázaddal ezelőtt fejlesztették ki japán kutatók, amely gyorsan, nagy specifitással és hatékonysággal képes a DNS-szál sokszorosítására izotermális hőmérsékleten [1]. A reakcióhoz minimális mennyiségű DNS is elégséges, amelynek izolálása elvégezhető akár a legegyszerűbb sejtroncsoló módszerek alkalmazásával is [2–6].

A speciális előírásoknak (PrimerExplorer szoftver) megfelelően tervezett négy primer közül kettő az amplifikációért felelős, míg a másik kettő a termékek leválasztásáért. A négy primer összesen hat célszakaszt ismer fel a genomban, ezért jó a szelektivitása. A primerek szekvenciája és elrendezése hatására megvalósul „száláthelyeződés” (*strand displacement*) módszer, valamint a szál és a primervégek komplementer szekvenciáinak köszönhetően a szál két végén egy-egy hurok képződik, létrehozva egy úgynevezett „súlyzó” (*dumbbell*) formát (1. ábra). A hurokképződés során kevesebb, mint egy óra alatt akár milliárdnyi új másolat keletkezik a célszekvenciáról. Az állandó hőmérsékleten végbemenő reakció általában 50–67°C közötti, amely kedvezőbb energiafogyasztást és reakcióidőt eredményez a hagyományos, ill. a valós idejű (*real-time*) PCR-rel való összehasonlításban, továbbá megvalósítható drága PCR-készülékek nélkül, akár vízfürdőben vagy hőblokkban is [1, 6, 7]. A *Taq* polimerázhoz hasonlóan a LAMP-reakcióban használt *Bst* és *Bsm* DNS-polimerázok szintén termofil baktériumokból származnak, viszont az 5'-3' polimerázaktivitás mellett erős száláthelyeződési aktivitást mutatnak [1, 8, 9]. A reakcióidő tovább csökkenthető két további, úgynevezett *loop* primer hozzáadásával, amely miatt bár a költségek magasabbak lesznek, tovább növeli a módszer hatékonyságát is [10]. Bár a *real-time* PCR pontos kvantitatív adatokat nyújt, lehetővé téve a célnukleinsav kezdeti mennyiségének mérését és jobban alkalmazható többcélpontos (*multiplex*) amplifikálásra, a LAMP-technika előnye egyszerűségében, gyorsaságában és a gátló anyagokkal, ill. kontaminációval szembeni kisebb érzékenységében nyilvánul meg [11].

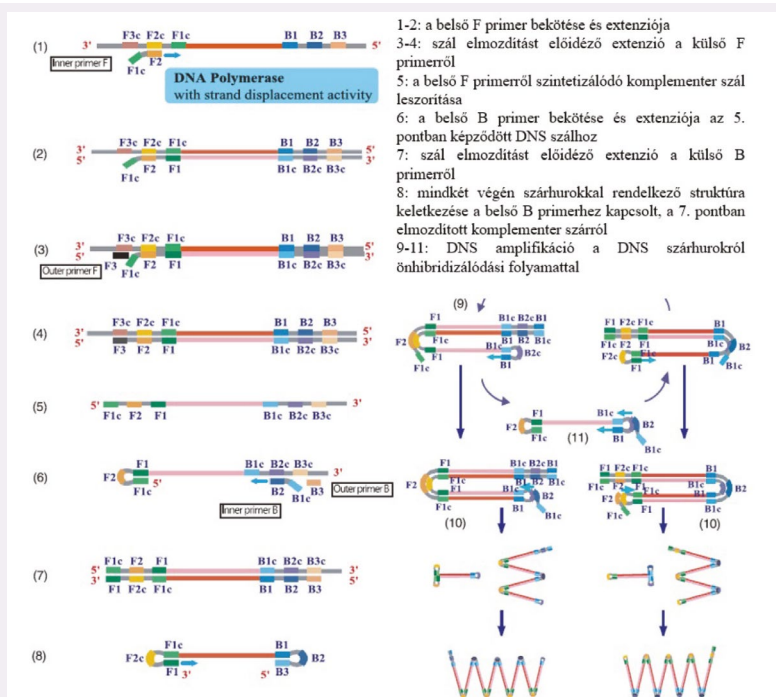
A LAMP-reakció sikeres végbemenetelének (pozitív reakció), ill. eredménytelenségének (negatív reakció) elkülönítésére számos módszer áll rendelkezésre. A reakciócsőben képződő amplikonok detektálása a hagyományos agarózgél elektroforézis mellett, ill. helyett történhet szabad szemmel is (2. ábra). Egyik ilyen módszer a turbiditásváltozás, azaz az oldat elhomályosodásának megfigyelése, ill. mérése, amely a végbemenő pozitív reakció eredményeként a reakcióelegy összetételében bekövetkező változás eredménye [12–14]. A DNS-szálakba beépülő (interkaláló) festékek szintén megbízható módon jelzik a reakció eredményességét, amely akár szabad szemmel is megfigyelhető, ill. kék- vagy UV-fény megvilágítással ennek érzékenysége tovább fokozható [15–17] (2. ábra). A végbemenő pozitív reakció során, megfelelő összetételű reakcióelegyet használva a közeg pH-ja is megváltozik, így a pH-indikátorok segítségével kimutatott színváltozás már a reakció folyamán is nyomon követhető [18–20].

A LAMP-reakció a PCR-rel ellentétben állandó hőmérsékleten megy végbe, eszközigénye minimális

A pozitív, ill. negatív reakciók több módszerrel is elkülöníthetők

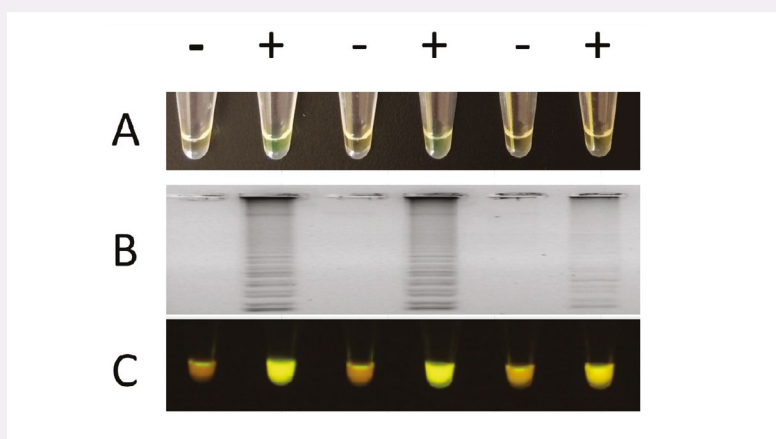
1. ÁBRA. A LAMP-reakció általi DNS-sokszorosítás elve (HIRAYAMA és mtsai alapján [8])

FIGURE 1. The principles of DNA amplification by LAMP (HIRAYAMA et al. 2013 [8])



2. ÁBRA. A reakciócsövekben képződő ampliconok detektálása a DNS szálakba beépülő festékkel szabad szemmel (A), agarózgél-elektroforézissel (B), ill. kék fény megvilágítással (C); (-) negatív reakció, (+) pozitív reakció

FIGURE 2. Detection of the amplicons formed in the reaction tubes with incorporating dye into the DNA strands with the naked eye (A), agarose gel electrophoresis (B), and blue light illumination (C); (-) negative reaction, (+) positive reaction



A LAMP-technika kivitelezése az előbbieken bemutatott tulajdonságai miatt jóval egyszerűbb laboratóriumi háttérrel igényel, ezért lényegesen könnyebben mobilizálható a hagyományos genetikai vizsgáló módszerekhez képest. Így lehetővé válik a mintavételezés helyszínén történő vizsgálatok gyors elvégzése, amely döntő fontosságú lehet az állatorvosi vizsgálatok számos területén.

A LAMP-TECHNIKA FELHASZNÁLÁSI TERÜLETEI

A nukleinsav-amplifikáció a biológiai tudományok egyik legfontosabb módszere, amelyet a betegségek diagnosztizálásától kezdve, az igazságügyi nyomozáson át egészen a biotechnológiai eljárásokig terjedően alkalmaznak. Kifejlesztése óta a LAMP rengeteget fejlődött az amplifikációs technikák alkalmazási területén, felhasználási körétől függően számos különböző módszerét fejlesztették ki.

KLINIKAI DIAGNOSZTIKA

Mivel a LAMP-technika gyors, rendkívül érzékeny, nagyon specifikus és kevésbé munkaigényes, kiváló alternatívát kínál a fertőző betegségek kórokozóinak kimutatására és a mikrobiális betegségek korai felismerésére. Ezek a technikák a kórokozók specifikus

*Kiválóan alkalmazható
fertőző betegségek
diagnosztikájában*

DNS-szekvenciáit célozzák meg, és lehetővé teszik a gyors és érzékeny kimutatást. Számos LAMP-tesztet fejlesztettek ki és validáltak a háziállatok járványos állapotbetegségeire, amelyek közül a fontosabbakat a különböző, gazdasági szempontból kiemelkedő madár- és emlősfajokon mutatunk be (1–3. táblázat). A táblázatokban feltüntetett kórokozók neve melletti számok az alábbi csoportosítást jelentik: (1) vírus – DNS-, vagy RNS-vírus; (2) baktérium; (3) gomba – mikrosporídiá vagy oomikóta is lehet; (4) parazita – protozoa, fonál-, lapos-, vagy orsóféreg.

A madarak különböző megbetegedéseit okozó vírusok jelentős gazdasági veszteséget okoznak a baromfiiparban. A korai felismerés fontos a fertőzött madaraknak az állomány többi részétől való elkülönítéséhez, így korlátozva a fertőzés terjedését. Sok esetben nem áll jelenleg rendelkezésre hatékony gyógyszer vagy vakcina, ezért a megelőző eljárások, ill. a vertikális és horizontális fertőzések elleni védekezés főként a vírushordozók korai felismerésétől és korlátozásától függenek. Jelenleg számos PCR-alapú módszert használnak a madárvírusok kimutatására, de mindegyikhez precíziós műszerekkel felszerelt laboratóriumi háttérre van szükség a célminta nukleinsavának amplifikálásához és kimutatásához, ezért terepi körülmények között nem alkalmazhatók. Következésképpen szükség van a PCR-módszerrel gyorsaságban, érzékenységre és pontosságra megegyező, ugyanakkor a vírusok költséghatékony, farmon történő nagyszabású diagnosztizálására alkalmas tesztekre, amelyek az 1. táblázatban feltüntetett kórokozókra már rendelkezésre állnak.

Kérődzők és más emlős haszonállatfajok esetében a vírusok diagnosztizálása mellett egyéb kórokozók, mint a baktériumok, gombák és paraziták nagy mintaszámon történő egyszerű és gyors diagnózisa szintén kulcsfontosságú a betegségek hatékony leküzdéséhez (2. táblázat). Kiemelt fontosságú ezen a területen az RNS-vírusok reverz transzkripció (RT-) LAMP-vizsgálata, mivel a fertőzés – a szerológiai tesztekkel való összehasonlításban – már korai stádiumban kimutatható [39]. A LAMP-módszer a többi amplifikációs technikához hasonlóan lehetőséget kínál a legtöbb biológiai szövettípus vizsgálatára, így az invazív módon vehető minták (pl. vér, izom- és fülbiopszia) mellett a vizelet, ürülék, nyál- és tejminták is hatékonyan analizálható. Pl. a *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* (MAP) elleni küzdelemben a legnagyobb feladat az, hogy kizárják azokat az állatokat, amelyek széklettel és tejjel ürítik a MAP-ot, mielőtt a Johnne-betegség tüneteit mutatnák (különösen a kiskérődzők nem mutatják a hasmenés jeleit a betegség végső stádiumáig). Mivel világszerte szükség van a MAP-al fertőzött állatok felszámolására, hogy megállítsák a betegség terjedését az állattartó telepeken, SANGE és mtsai (2019) kidolgoztak egy ürülékből és tejmintából elvégezhető detektálást [15]. Ehhez hasonlóan a *Brucella* spp. fakultatív intracelluláris baktériumok (amelyek az állatok mellett megfertőzik az embereket is) LAMP-módszerrel történő kimutatása is rendelkezésre áll a vér mellett tejmintából is [40]. Vizeletminták esetén a LAMP akár hatékonyabb is lehet, mint a valós idejű PCR, így pl. a *Leptospira* fajok kimutatásában. Mivel ez az eljárás olcsóbb és egyszerűbb, a LAMP kiváló alternatíva a szarvasmarhák és bivalyok leptospirozisának rutinszerű megfigyelésére [41].

Az emlősállat-tenyésztési szektorból származó adatok alapján a paraziták által okozott tünetek a termelés kiesés alapvető okai, amelyek kezelés nélkül nagy elhullási arányt és jelentős termelési veszteséget okozhatnak (csökkent növekedési ütem, tejtermelés és húshozam). A férgek kimutatására rendelkezésre álló hagyományos módszerek sokszor fáradságosak, drágák és specifikusságuk korlátozott; olykor nem tekinthetők alkalmasnak *post mortem* kórokozó kimutatására és prevalencia vizsgálatokra. Ezekben az esetekben is rendelkezésre állnak már olyan LAMP-alapú detektálási technikák, amelyek egyszerűséget, specifikusságot és gyorsaságot kínálnak [20, 42]. A protozoák kimutatására hagyományosan a gyors és olcsó mikroszkópos diagnózist alkalmazzák, azonban a vizsgálat eredménye

*Több állatfaj, számos
kórokozójának
kimutatására dolgoztak
már ki LAMP-módszert*

1. TÁBLÁZAT. Szárnyas háziállatfajok főbb kórokozóinak diagnosztizálására rendelkezésre álló LAMP (hurok által közvetített izotermikus sokszorosítás) és reverz transzkripcós, ún. RT-LAMP-tesztek

TABLE 1. LAMP (Loop-mediated Isothermal Amplification) and reverse-transcription RT-LAMP techniques available for the diagnosis of major pathogens in domestic poultry species

Állatfaj	Kórokozó neve	Referencia
házi tyúk (<i>Gallus gallus</i>)	<i>Madárinfluenza-vírus (AIV) – Orthomyxoviridae</i>	[14, 21–26]
	<i>Madárleukózis vírus (J szubttípus, ALV-J) – Retroviridae</i>	[27]
	<i>Fertőző bronchitis vírus (IBV) – Coronaviridae</i>	[28, 29]
	<i>Newcastle disease vírus (NDV) – Paramyxoviridae</i>	[29]
	<i>Csirkeanaemia-vírus (CAV) – Anelloviridae</i>	[16]
	<i>Tyúkadenvírus (FAdV-4) – Adenoviridae</i>	[12]
	<i>Gallibacterium anatis</i>	[30]
kacsa (<i>Anas platyrhynchos</i>)	<i>Madárinfluenza-vírus (AIV) – Orthomyxoviridae</i>	[14, 21, 25, 31]
	<i>Hepatitiszvírus (1-es típus, DHV-1) – Picornaviridae</i>	[32–34]
	<i>Tembusu-vírus (TMUV) – Flaviviridae</i>	[35]
	<i>Lúd haemorrhagiás polyomavírus (GHPV) – Polyomaviridae</i>	[36]
pézsmaréce (<i>Cairina moschata</i>)	<i>Madárinfluenza-vírus (AIV) – Orthomyxoviridae</i>	[14]
	<i>Muscovy duck parvovirus (MDPV) – Parvoviridae</i>	[37]
lúd (<i>Anser anser</i>)	<i>Lúdparvovírus (GPV) – Parvoviridae</i>	[17]
	<i>Lúdcircovírus (GoCV) – Circoviridae</i>	[9]
	<i>Lúd haemorrhagiás polyomavírus (GHPV) – Polyomaviridae</i>	[36]
pulyka (<i>Meleagris gallopavo</i>)	<i>Madárinfluenza-vírus (AIV) – Orthomyxoviridae</i>	[14, 21, 31]
	<i>Gallibacterium anatis</i>	[30]
galamb (<i>Columba livia</i>)	<i>Galambcircovírus (PiCV) – Circoviridae</i>	[38]

2. TÁBLÁZAT. Emlős háziállatfajok kórokozóinak diagnosztizálására rendelkezésre álló LAMP-technikák

TABLE 2. Available LAMP techniques for diagnosing pathogens in domestic mammal species

Állatfaj	Kórokozó neve	Referencia
juh (<i>Ovis aries</i>)	Száj és körömfájás vírusa (FMDV) - Picornaviridae	[44]
	Kiskérődzők pestis vírusa (PPRV) - Paramyxoviridae	[45]
	Kecske arthritis encephalitis vírus (CAEV) - Retroviridae	[46]
	Capripoxvírus (CaPV) - Poxviridae	[47-49]
	Kéknyelv-betegség vírusa (BTV-1,2,9,10,16,21,23 szerotípusok) - Reoviridae	[19]
	Kéknyelv-betegség vírusa (BTV-8 szerotípus) - Reoviridae	[50]
	Rift Valley láz vírus (RVFV) - Bunyaviridae	[51]
	Orf vírus	[52]
	<i>Mycobacterium avium</i> subsp. <i>paratuberculosis</i>	[15]
	<i>Brucella</i> fajok	[33]
	<i>Trypanosoma</i> fajok	[53]
	<i>Haemonchus contortus</i>	[20, 42]
	<i>Taenia</i> fajok	[54]
	<i>Fasciola gigantica</i>	[55]
szarvasmarha (<i>Bos taurus</i>)	Akabane vírus-Peribunyaviridae	[56]
	Bovine rotavirus (A szerotípus) - Reoviridae	[57]
	Szarvasmarha vírusos hasmenés vírusa (BVDV) - Flaviviridae	[58]
	Szarvasmarhaleukamia-vírus (BLEV) - Retroviridae	[39]
	Ragadós száj és körömfájás vírusa (FMDV) - Picornaviridae	[59]
	Bovine herpesvirus 1 (BoHV-1) - Herpesviridae	[60]
	<i>Brucella</i> fajok	[33]
	<i>Leptospira</i> fajok	[41]
	<i>Mycobacterium avium</i> subsp. <i>paratuberculosis</i>	[13]
	<i>Mycobacterium avium. avium</i> és <i>M. a. hominissuis</i>	[61]
	Bovine herpesvirus 1 (BoHV-1) - Herpesviridae, <i>Brucella abortus</i> , <i>Leptospira interrogans</i> ser. <i>Pomona</i>	[62]
	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	[63]
	<i>Mycobacterium bovis</i>	[64]
	<i>Trypanosoma</i> fajok	[53, 65]
	<i>Trypanosoma vivax</i>	[66]
	<i>Babesia bovis</i>	[43]
	<i>Cryptosporidium parvum</i>	[55]
<i>Echinococcus granulosus</i>	[67]	
<i>Explanatum explanatum</i>	[18]	
bivaly (<i>Bubalus bubalis</i>)	<i>Leptospira</i> fajok	[41]
	<i>Trypanosoma</i> fajok	[65]
	<i>Explanatum explanatum</i>	[18]
ló (<i>Equus caballus</i>)	Lovak fertőző kevésvérűség vírusa (EIAV) - Retroviridae	[68]
	<i>Streptococcus equi. equi</i>	[69]
	<i>Pythium insidiosum</i>	[70]
	<i>Candida</i> fajok	[71]
	<i>Trypanosoma evansi</i>	[65]
	<i>Trypanosoma</i> fajok	[53]
sertés (<i>Sus scrofa domestica</i>)	Ragadós száj és körömfájás vírusa (FMDV) - Picornaviridae	[72]
	Influenza A vírus-Orthomyxoviridae	[25]
	Sertésparvovírus (PPV) - Parvoviridae	[73, 74]
	Afrikai sertéspestis vírus (ASFV) - Asfarviridae	[75]
	<i>Glaesserella parasuis</i>	[76]
	<i>Mycobacterium avium. avium</i> és <i>M. a. hominissuis</i>	[61]
	<i>Candida</i> -fajok	[71]
<i>Trypanosoma</i> -fajok	[53]	

**Kutyák esetében
a parvovírus
mellett paraziták
kimutatására
is fejlesztettek
LAMP-teszteket**

nagymértékben függ a mikroszkópos analízist végző személy képzettségétől, és így nem feltétlenül képes kimutatni kis számban előforduló kórokozókat és krónikus fertőzéseket. Így pl., mivel a szarvasmarhák babeziózisa a trópusi és szubtrópusi országokban az egyik gazdaságilag legfontosabb kullancs által terjesztett betegség – és az oltóanyag nem feltétlenül hozzáférhető minden rászoruló fél számára, ennek következtében pedig a betegség elleni védekezés sem mindig sikeres –, kifejlesztették a LAMP-módszert a *Babesia bovis* gyors és pontos kimutatására [43]. Az emlős haszonállatfajok egyéb kórokozóinak diagnosztizálására rendelkezésre álló LAMP technikákat a 2. táblázat foglalja össze.

A kutyák és macskák kórokozóinak diagnosztizálására is számos elérhető LAMP-technika létezik (3. táblázat). A fertőzések gyors és pontos diagnosztizálása segíti az állatorvosokat a fertőzött kedvencek kezelésében és a megfelelő védekezési intézkedések végrehajtásában. Kutyáknál a parvovírus kimutatása mellett számos tesztet fejlesztettek a paraziták azonosítására. Ezek a rendkívül érzékeny (akár 1–10 pg kimutatási határ) vizsgálatok a különböző protozoák és férgek specifikus detektálását biztosítják a legkülönbözőbb szövetekből, többek között kötőhártya és bélsár mintából is [77, 78]. Az *Echinococcus multilocularis* kimutatása fertőzött kutyafélékben és a környezetben kulcsfontosságú az endémiás területeken előforduló alveolaris echinococcosis epidemiológiájának jobb megértéséhez. A boncolás/ülepítés és a számlálási technika továbbra is az „arany standard” módszer a kutyafélék fertőzésének kimutatásában, de nagy léptékű prevalencia vizsgálatokban a terepi alkalmazásra is alkalmas LAMP-technikával nem veszik fel a versenyt.

3. TÁBLÁZAT. Kutyák és macskák kórokozóinak diagnosztizálására rendelkezésre álló LAMP technikák

TABLE 3. Available LAMP techniques for diagnosing pathogens in dogs and cats

Állatfaj	Kórokozó neve	Referencia
kutya (<i>Canis familiaris</i>)	<i>Kutya parvovírus</i>	[79]
	<i>Babesia gibsoni</i>	[80]
	<i>Trypanosoma</i> fajok	[53]
	<i>Babesia canis</i>	[81]
	<i>Leishmania infantum</i>	[78, 82]
	<i>Leishmania</i> fajok	[83]
	<i>Toxoplasma gondii</i>	[84]
	<i>Trypanosoma evansi</i>	[65]
	<i>Pythium insidiosum</i>	[70]
	<i>Dirofilaria immitis</i>	[85]
	<i>Dirofilaria repens</i>	[86]
	<i>Ancylostoma caninum</i>	[77]
	<i>Taenia</i> fajok	[54]
	<i>Echinococcus multilocularis</i>	[87]
<i>Paragonimus westermani</i>	[88]	
macska (<i>Felis catus</i>)	Macska koronavírus (FCoV)-Coronaviridae	[89]
	<i>Mycobacterium avium</i> , <i>avium</i> és <i>M. a. hominissuis</i>	[61]
	<i>Toxoplasma gondii</i>	[84, 90]

IVARMEGHATÁROZÁS AZ ÁLLATTENYÉSZTÉSBEN

A legtöbb madárfaj külső jellemzői lehetővé teszik az egyedek ivari elkülönítését, ez azonban nem feltétlenül igaz a *Columbidae* rend tagjaira. Az ivar meghatározása létfontosságú szerepet játszik a galambtenyésztésben, mivel lehetővé teszi a tenyésztők számára, hogy megalapozott döntéseket hozzanak a párosítással, a genetikai sokféleséggel, a tenyésztési stratégiákkal és a piaci igények kielégítésével kapcsolatban. Az egyedek ivarának ismerete ugyanilyen jelentőségű a baromfitenyésztésben a hatékony állománygazdálkodás, a genetikai szelekció, a tojástermelés optimalizálása, a betegségek elleni védekezés, a célzott tenyésztési programok és a piaci preferenciák teljesítése érdekében, mivel lehetővé teszi a tenyésztők számára, hogy maximalizálják baromfiállományuk termelékenységét és minőségét. A LAMP-technika alkalmazásával – a módszer nyújtotta előnyök kiaknázása mellett – számos gazdaságilag fontos madárfajban lehetséges már az egyedek genetikai ivarvizsgálata (4. táblázat).

A *Bovidae* családba tartozó háziállatok esetében a tenyésztés hatékonysága, ill. a tej/hústermelés maximalizálása érdekében szükséges az utódok ivarának előválogatása. Az embriótranszfer-technika és a preimplantációs embriók Y-kromoszóma-specifikus DNS-szekvenciák kimutatásán alapuló ivar-meghatározási módszerek kidolgozása ezt lehetővé teszi. A LAMP-módszer bizonyítottan használható az embriók ivarának meghatározására, amellyel sikeresen szexálhatóak az embriók még a beültetés előtt. Ugyanígy a free-martinizmus, amely ikerborjaknál léphet fel, és az üsző borjú sterilitását okozza, szintén nagy pontossággal megállapítható az XY leukociták LAMP-módszerrel történő kimutatásával (4. táblázat). A szarvasmarha-embrióknál a hímekekre specifikus, valamint a hím és nőstény egyedekben egyaránt megtalálható gének egyidejű, multiplex LAMP-pal történő vizsgálata megbízhatóan, igen nagy szenzitivitással és specifitással működik [91]. Továbbá vízi bivalyban és lóban is kifejlesztették az Y kromoszóma specifikus szekvenciáin alapuló LAMP-technikát, amellyel sikeresen elvégezhető az embriók ivarának meghatározása (4. táblázat).

A LAMP-technika alkalmazásával számos madárfajban lehetséges már az egyedek genetikai ivarvizsgálata

A LAMP-módszer szarvasmarha-embriók ivarának meghatározására is alkalmas

4. TÁBLÁZAT. Házi madár- és emlősfajok ivar- és faji azonosítására rendelkezésre álló LAMP-technikák

TABLE 4. Available LAMP techniques for sex and species identification of domestic birds and mammals

Állatfaj	Latin név	Ivarazon.	Fajazon.	Referencia
galamb	<i>Columbidae</i>	vér toll		[92]
házi tyúk	<i>Gallus gallus</i>	vér, hús	hús	[31, 93–96]
kacsa	<i>Anas platyrhynchos</i>		hús	[94, 97]
pulyka	<i>Meleagris gallopavo</i>		hús	[94]
strucc	<i>Struthio camelus</i>		hús	[98]
kecske	<i>Capra hircus</i>		hús, tej	[94, 99–102]
juh	<i>Ovis aries</i>		hús	[94, 99, 101, 102]
sertés	<i>Sus scrofa domestica</i>		hús	[93, 94, 101, 103–107]
szarvasmarha	<i>Bos taurus</i>	embrió	hús, tej	[8, 91, 93, 94, 101, 102, 108, 109]
vízibivaly	<i>Bubalus bubalis</i>	embrió	hús, tej	[4, 101, 110, 111]
ló	<i>Equus caballus</i>	embrió	hús, tej	[94, 102, 112–115]
szamár	<i>Equus asinus</i>		hús	[115]
teve	<i>Camelus</i>		tej	[102]
jak	<i>Bos grunniens</i>		tej	[102]
mosómedve	<i>Nyctereutes procyonoides</i>		hús	[116]
egér	<i>Mus musculus</i>		hús	[117]

ÉLELMISZER-KÉSZÍTMÉNYEK FAJI ÖSSZETÉTELÉNEK AZONOSÍTÁSA

Napjainkban a hamisított hús problémája a világ egyik legnagyobb élelmiszer-biztonsági és -minőségi kihívása lett. A húskészítmények faji eredetének megbízható technikákkal történő azonosítása kritikus követelmény a megfelelő árumejelölés biztosításához, a fogyasztói preferenciák védelméhez, a veszélyeztetett fajok megőrzéséhez és a húskereskedelemben előforduló csalások megelőzéséhez [107, 108, 115]. A hamisításhoz használt húsok olcsóbbak és rosszabb minőségűek, valamint közéjük tartozhat akár a róka-, mosómedve-, nyérc- és egérhús is [116]. Bár ezek a húsok a világ bizonyos területein ehetőnek számítanak, potenciálisan károsak lehetnek az emberi egészségre a bennük található baktériumok, vírusok és káros anyagok miatt. Számos példa áll rendelkezésre a drágább húsok helyettesítésére, úgymint a marhahús helyettesítése kacsa-, ill. strucchússal [94, 97, 98], valamint az ázsiai országokban különleges, tradicionális gyógyászati értéket képviselő számárhús helyettesítése ló- és más húsokkal [115]. A hús összetevőinek hamisítása mellett a nagyértékű tej cseréje olcsó tejjel szintén hatással van az élelmiszer-biztonságra. Mivel a nagymértékben feldolgozott tej- és húskészítmények összetevőit nehéz a hagyományosan elérhető módszerekkel (pl. fehérjeanalízis) megkülönböztetni, ezért merült fel az igény olyan új analitikai módszerek kifejlesztésére, amelyek egyszerű módon gyorsan és pontosan képesek a faji eredet hatékony azonosítására. A mitokondriális genom cirkuláris DNS-e általában sértetlen marad a feldolgozott (pl. pasztörizált, főzött, sült) készítményekben is ugyanúgy, mint a nyers termékekben, ezért hatékonyan sokszorozható a LAMP-technikával (4. táblázat). Az egymással közeli rokonságban álló fajok elkülönítésére is alkalmas módszer igen érzékeny, akár a 0,01%-ban jelen lévő élelmiszer-komponens is kimutatható [94, 98].

Hús-, ill. tejhamisítás bizonyítására is használható a módszer

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A WHO kritériumai alapján az ideális diagnosztikai tesztnek megfelelő szenzitivitással, specifitással és gyorsasággal kell rendelkeznie, egyszerűen használhatónak és kis költségvetésűnek kell lennie [118]. Az amplifikációs módszerek közül kiemelkedő a LAMP, mivel a reakcióhoz izotermikus körülményekre van szükség, amely nem igényel bonyolult műszereket, így a terepen történő diagnosztizálásra is alkalmas [11, 119]. A technika másik jelentős előnye a szenzitivitása és gyorsasága, amelynek segítségével akár 30 percen belüli diagnózist adhat. Az eredmények detektálása szintén egyszerű, hiszen akár szabad szemmel elemezhető a pozitív reakcióra jellemző szín- vagy homályosság-változás, így nincs szükség elektroforézis-készülékre sem a kimutatáshoz. Ezt a technológiát azonban egyértelmű gyakorlati előnyei ellenére még mindig nem használják ki teljes mértékben az állatorvosi diagnosztikában [120]. A szakirodalmi áttekintésünkben bemutatott rendelkezésre álló LAMP-tesztek köre ugyanakkor gyorsan bővül. Azok tovább fejleszthetők más kórokozókra, hogy segítsék a fertőző betegségek diagnosztizálását és monitorozását az állatgyógyászatban, az állattenyésztés és élelmiszerbiztonság területén pedig az újonnan felmerülő kérdések megoldására adhat a technika gyors és megbízható választ. A vázolt módszertannak különös jelentősége van a házi-, ill. vadon élő állatok által terjeszthető zoonotikus betegségek korai felismerésében és ezáltal azok megelőzésében.

A LAMP érzékenységében rejlik azonban egyik lehetséges hátránya is, mivel emiatt könnyen kontaminálható a reakcióközeg, fals-pozitív értékeket eredményezve [121]. A helyszíni tesztek kivitelezésének egyik nehézsége lehet még a reagensek és primerek megfelelő körülmények közötti szállítása és tárolása, amelynek megoldása ezek szárítása, liofilizálása és speciális anyagokkal történő stabilizálása [122]. A jövőben egy mobil, szállítható bioszenzor kifejlesztése,

A LAMP-technika gyorsasága, érzékenysége, specifikussága és egyszerűsége egyedülálló lehetőséget kínál az állatorvostudomány különböző területein

amely kombinálva tartalmazza a nukleinsav sokszorozásához és kimutatásához szükséges funkciókat, nagyban megkönnyítené a terepi diagnosztizáláshoz a LAMP-technika használatát.

Összességében a LAMP-technika gyorsasága, érzékenysége, specifikussága és egyszerűsége egyedülálló lehetőséget kínál az állatorvostudomány különböző területein, mivel költséghatékony módon segíti a betegségek elleni védekezést és az ételmiszer-biztonság magas színvonalának fenntartását, valamint támogatja az állattartási gyakorlatokat.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Munkánkat a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal Egyetemi Innovációs Ökoszisztéma című pályázati konstrukcióján belül, az Állatorvostudományi Egyetem által elnyert, 2019-1.2.1-EGYETEMI-ÖKO-2019-00010 számú pályázat biztosította. Az RRF-2.3.1-21-2022-00001 számú projekt a Helyreállítási és Ellenállóképességi Eszköz és Nemzeti Helyreállítási Alapból nyújtott támogatásával, az RRF-2.3.1-21 pályázati program finanszírozásában valósult meg.

IRODALOM

- H, Masubuchi H, Yonekawa T, Watanabe K, Amino N, Hase T (2000) Loop-mediated isothermal amplification of DNA. *Nucleic Acids Res* 28:e63–e63 <https://doi.org/10.1093/nar/28.12.e63>
- Stiedl CP, Weber K (2017) Fast and simple detection methods for the 4–base pair deletion of canine MDR1/ABCB1 gene by PCR and isothermal amplification. *J Vet Diagn Invest* 29:176–180 <https://doi.org/10.1177/1040638716683213>
- Truett GE, Heeger P, Mynatt R, Truett A, Walker J, Warman M (2000) Preparation of PCR-quality mouse genomic DNA with hot sodium hydroxide and tris (HotSHOT). *Biotechniques* 29:52–54 <https://doi.org/10.2144/00291bm09>
- Hirayama H, Kageyama S, Takahashi Y, Moriyasu S, Sawai K, Onoe S, Watanabe K, Kojiya S, Notomi T, Minamihashi A (2006) Rapid sexing of water buffalo (*Bubalus bubalis*) embryos using loop-mediated isothermal amplification. *Theriogenology* 66:1249–1256 <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.03.036>
- Centeno-Cuadros A, Abbasi I, Nathan R (2017) Sex determination in the wild: a field application of loop-mediated isothermal amplification successfully determines sex across three raptor species. *Mol Ecol Resour* 17:153–160 <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12540>
- Lee PL (2017) DNA amplification in the field: move over PCR, here comes LAMP. *Mol Ecol Resour* 17:138–141 <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12548>
- Mori Y, Kanda H, Notomi T (2013) Loop-mediated isothermal amplification (LAMP): recent progress in research and development. *J Infect Chemother* 19:404–411 <https://doi.org/10.1007/s10156-013-0590-0>
- Hirayama H, Kageyama S, Moriyasu S, Sawai K, Minamihashi A (2013) Embryo sexing and sex chromosomal chimerism analysis by loop-mediated isothermal amplification in cattle and water buffaloes. *J Reprod Dev* 59:321–326 <https://doi.org/10.1262/jrd.2013-028>
- Woźniakowski G, Kozdruń W, Samorek-Salamonowicz E (2012) Loop-mediated isothermal amplification for the detection of goose circovirus. *Virology* 9:1–11 <https://doi.org/10.1186/1743-422X-9-110>
- Nagamine K, Hase T, Notomi T (2002) Accelerated reaction by loop-mediated isothermal amplification using loop primers. *Mol Cell Probes* 16:223–229 <https://doi.org/10.1006/mcpr.2002.0415>
- Wong Y, Othman S, Lau Y, Radu S, Chee H (2018) Loop-mediated isothermal amplification (LAMP): a versatile technique for detection of micro-organisms. *J Appl Microbiol* 124:626–643 <https://doi.org/10.1111/jam.13647>
- Yuan X-Y, Wang Y-L, Meng K, Zhang Y-X, Xu H-Y, Ai W (2019) LAMP real-time turbidity detection for fowl adenovirus. *BMC Vet Res* 15:1–4 <https://doi.org/10.1186/s12917-019-2015-5>
- Enosawa M, Kageyama S, Sawai K, Watanabe K, Notomi T, Onoe S, Mori Y, Yokomizo Y (2003) Use of loop-mediated isothermal amplification of the IS 900 sequence for rapid detection of cultured *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*. *J Clin Microbiol* 41:4359–4365 <https://doi.org/10.1128/jcm.41.9.4359-4365.2003>
- Shivakoti S, Ito H, Murase T, Ono E, Takakuwa H, Yamashiro T, Otsuki K, Ito T (2010) Development of reverse transcription-loop-mediated isothermal amplification (RT-LAMP) assay for detection of avian influenza viruses in field specimens. *J Vet Med Sci* 72:519–523 <https://doi.org/10.1292/jvms.09-0473>
- Sange MD, Becker A, Hassan AA, Bülte M, Ganter M, Siebert U, Abdulmawjood A (2019) Development and validation of a loop-mediated isothermal amplification assay—a rapid and sensitive detection tool for *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in small ruminants. *J Appl Microbiol* 127:47–58 <https://doi.org/10.1111/jam.14284>
- Huang C, Lai G, Lee M, Lin W, Lien Y, Hsueh S, Kao J, Chang W, Lu T, Lin W (2010) Development and evaluation of a loop-mediated isothermal amplification assay for rapid detection of chicken anaemia virus. *J Appl Microbiol* 108:917–924 <https://doi.org/10.1099/jmm.0.46071-0>
- JinLong Y, Rui Y, AnChun C, MingShu W, LiZhi F, SongQuan Y, SuHui Z, Liu Y, ZhiYong X (2010) A simple and rapid method for detection of Goose Parvovirus in the field by loop-mediated isothermal amplification. *Virology* 7:1–7 <https://doi.org/10.1186/1743-422X-7-14>
- Rashid M, Rashid MI, Ali Q (2021) An accurate, rapid and simple loop-mediated isothermal amplification method for Explanatum explanatum detection in animals. *Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran*, p 377 doi: 10.30466/vrf.2020.111872.2657
- Mohandas SS, Muthuchelvan D, Pandey AB, Biswas SK, Chand K, Venkatesan G, Choudhary D, Ramakrishnan MA, Mondal B

- (2015) Development of reverse transcription loop mediated isothermal amplification assay for rapid detection of bluetongue viruses. *J Virol Methods* 222:103–105 <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2015.06.005>
20. Tuersong W, He L, Zhu T, Yang X, Zhang Z, Ahmad AA, Di W, Wang C, Zhou C, Liu H (2020) Development and evaluation of a loop-mediated isothermal amplification (LAMP) assay for the detection of the E198A SNP in the isotype-1 β -tubulin gene of *Haemonchus contortus* populations in China. *Vet Parasitol* 278:109040 <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2020.109040>
21. Golabi M, Flodrops M, Grasland B, Vinayaka AC, Quyen TL, Nguyen T, Bang DD, Wolff A (2021) Development of reverse transcription loop-mediated isothermal amplification assay for rapid and on-site detection of avian influenza virus. *Front cell infect microbiol* 11:652048 <https://doi.org/10.3389/fcimb.2021.652048>
22. Chen H, Zhang J, Sun D, Ma L, Liu X, Cai X, Liu Y (2008) Development of reverse transcription loop-mediated isothermal amplification for rapid detection of H9 avian influenza virus. *J Virol Methods* 151:200–203 <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2008.05.009>
23. Peng Y, Xie Z, Liu J, Pang Y, Deng X, Xie Z, Xie L, Fan Q, Feng J, Khan MI (2011) Visual detection of H3 subtype avian influenza viruses by reverse transcription loop-mediated isothermal amplification assay. *Virol J* 8:1–10 <https://doi.org/10.1186/1743-422X-8-337>
24. Bao H, Wang X, Zhao Y, Sun X, Li Y, Xiong Y, Chen H (2012) Development of a reverse transcription loop-mediated isothermal amplification method for the rapid detection of avian influenza virus subtype H7. *J Virol Methods* 179:33–37 <https://doi.org/10.1016/j.bios.2020.112437>
25. Min Tun H, Wisedchanwet T, Wongphatcharachai M, Nonthabenawan N, Chaiyawong S, Theamboonlers A, Poovorawan Y, Amonsin A (2014) Development of one-step reverse transcription loop-mediated isothermal amplification (LAMP) as a screening tool for influenza A viruses. *Thai J Vet Med* 44:427–434 <https://doi.org/10.56808/2985-1130.2593>
26. Luo S, Xie Z, Xie L, Liu J, Xie Z, Deng X, Huang L, Huang J, Zeng T, Khan MI (2015) Reverse-transcription, loop-mediated isothermal amplification assay for the sensitive and rapid detection of H10 subtype avian influenza viruses. *Virol J* 12:1–7 <https://doi.org/10.1186/s12985-015-0378-1>
27. Zhang X, Liao M, Jiao P, Luo K, Zhang H, Ren T, Zhang G, Xu C, Xin C, Cao W (2010) Development of a loop-mediated isothermal amplification assay for rapid detection of subgroup J avian leukosis virus. *J Clin Microbiol* 48:2116–2121 <https://doi.org/10.1128/jcm.02530-09>
28. El-Tholoth M, Mauk MG, Anis E, Bau HH (2020) A closed-tube, single-step, real time, reverse transcription-loop-mediated isothermal amplification assay for infectious bronchitis virus detection in chickens. *J Virol Methods* 284:113940 <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2020.113940>
29. Wu X, Song Z, Zhai X, Zuo L, Mei X, Xiang R, Kang Z, Zhou L, Wang H (2019) Simultaneous and visual detection of infectious bronchitis virus and Newcastle disease virus by multiple LAMP and lateral flow dipstick. *Poult Sci* 98:5401–5411 <https://doi.org/10.3382/ps/pez372>
30. Stepien-Pysniak D, Kosikowska U, Hauschild T, Burzynski A, Wilczynski J, Kolinska A, Nowaczek A, Marek A (2018) A loop-mediated isothermal amplification procedure targeting the *sodA* gene for rapid and specific identification of *Gallibacterium anatis*. *Poult Sci* 97:1141–1147 <https://doi.org/10.3382/ps/pex420>
31. Kim E-M, Jeon H-S, Kim J-J, Shin Y-K, Lee Y-J, Yeo S-G, Park C-K (2016) Uracil-DNA glycosylase-treated reverse transcription loop-mediated isothermal amplification for rapid detection of avian influenza virus preventing carry-over contamination. *J Vet Sci* 17:421–425 <https://doi.org/10.4142/jvs.2016.17.3.421>
32. Li C, Chen Z, Meng C, Liu G (2014) Rapid detection of duck hepatitis A virus genotype C using reverse transcription loop-mediated isothermal amplification. *J Virol Methods* 196:193–198 <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2013.11.009>
33. Song C, Wan H, Yu S, Han X, Qiu X, Hu Q, Tan L, Ding C (2012) Rapid detection of duck hepatitis virus type-1 by reverse transcription loop-mediated isothermal amplification. *J Virol Methods* 182:76–81 <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2012.03.013>
34. Yang L, Li J, Bi Y, Xu L, Liu W (2012) Development and application of a reverse transcription loop-mediated isothermal amplification method for rapid detection of Duck hepatitis A virus type 1. *Virus Genes* 45:585–589 <https://doi.org/10.1007/s11262-012-0798-6>
35. Wang Y, Yuan X, Li Y, Yu K, Yang J, Xu H, Zhang Y, Yu K, Liao M, Qin Z (2011) Rapid detection of newly isolated Tembusu-related Flavivirus by reverse-transcription loop-mediated isothermal amplification assay. *Virol J* 8:1–7 <https://doi.org/10.1186/1743-422X-8-553>
36. Woźniakowski G, Tarasiuk K (2015) Visual detection of goose haemorrhagic polyomavirus in geese and ducks by loop-mediated isothermal amplification. *Avian Pathol* 44:311–318 <https://doi.org/10.1080/03079457.2015.1049585>
37. Ji J, Xie Q, Chen C, Bai S, Zou L, Zuo K, Cao Y, Xue C, Ma J, Bi Y (2010) Molecular detection of Muscovy duck parvovirus by loop-mediated isothermal amplification assay. *Poult Sci* 89:477–483 <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00527>
38. Tsai SS, Chang YL, Huang YL, Liu HJ, Ke GM, Chiou CJ, Hsieh YC, Chang TC, Cheng LT, Chuang KP (2014) Development of a loop-mediated isothermal amplification method for rapid detection of pigeon circovirus. *Arch Virol* 159:921–926 <https://doi.org/10.1007/s00705-013-1906-1>
39. Komiyama C, Suzuki K, Miura Y, Sentsui H (2009) Development of loop-mediated isothermal amplification method for diagnosis of bovine leukemia virus infection. *J Virol Methods* 157:175–179 <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2008.12.015>
40. Song L, Li J, Hou S, Li X, Chen S (2012) Establishment of loop-mediated isothermal amplification (LAMP) for rapid detection of *Brucella* spp. and application to milk and blood samples. *J Microbiol Methods* 90:292–297 <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2012.05.024>
41. Suwancharoen D, Limlertvatee S, Chetiyawan P, Tongpan P, Sangkaew N, Sawaddee Y, Inthakan K, Wiratsudakul A (2016) A nationwide survey of pathogenic leptospires in urine of cattle and buffaloes by Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) method in Thailand, 2011–2013. *J Vet Med Sci* 78:1495–1500 <https://doi.org/10.1292/jvms.15-0493>
42. Khangembam R, Tóth M, Vass N, Várady M, Czeglédi L, Farkas R, Antonopoulos A (2021) Point of care colourimetric and lateral flow LAMP assay for the detection of *Haemonchus contortus* in ruminant faecal samples. *Parasite* 28:82 doi: 10.1051/parasite/2021078
43. Arnuphapprasert A, Nugraheni YR, Aung A, Asada M, Kaewthamasorn M (2023) Detection of *Babesia bovis* using loop-mediated isothermal amplification (LAMP) with improved thermostability, sensitivity and alternative visualization methods. *Sci Rep* 13:1838 <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29066-1>
44. Dukes JP, King DP, Alexandersen S (2006) Novel reverse transcription loop-mediated isothermal amplification for rapid detection of foot-and-mouth disease virus. *Arch Virol* 151:1093–1106 <https://doi.org/10.1007/s00705-005-0708-5>
45. Li L, Bao J, Wu X, Wang Z, Wang J, Gong M, Liu C, Li J (2010) Rapid detection of peste des petits ruminants virus by a reverse

- transcription loop-mediated isothermal amplification assay. *J Virol Methods* 170:37–41 <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2010.08.016>
46. Huang J, Sun Y, Liu Y, Xiao H, Zhuang S (2012) Development of a loop-mediated isothermal amplification method for rapid detection of caprine arthritis-encephalitis virus proviral DNA. *Arch Virol* 157:1463–1469 <https://doi.org/10.1007/s00705-012-1322-y>
47. Batra K, Kumar A, Kumar V, Nanda T, Maan NS, Maan S (2015) Development and evaluation of loop-mediated isothermal amplification assay for rapid detection of Capripoxvirus. *Vet World* 8:1286 doi: 10.14202/vetworld.2015.1286-1292
48. Murray L, Edwards L, Tuppurainen ES, Bachanek-Bankowska K, Oura CA, Mioulet V, King DP (2013) Detection of capripoxvirus DNA using a novel loop-mediated isothermal amplification assay. *BMC Vet Res* 9:1–8 <https://doi.org/10.1186/1746-6148-9-90>
49. Tang Y, Yeh Y-T, Chen H, Yu C, Gao X, Diao Y (2015) Comparison of four molecular assays for the detection of Tembusu virus. *Avian Pathol* 44:379–385 <https://doi.org/10.1080/03079457.2015.1061650>
50. Mulholland C, Hoffmann B, McMenamy MJ, Korthase C, Earley B, Markey B, Cassidy JP, McKillen J, Allan G, Welsh MD (2014) The development of an accelerated reverse-transcription loop mediated isothermal amplification for the serotype specific detection of bluetongue virus 8 in clinical samples. *J Virol Methods* 202:95–100 <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2014.03.004>
51. Le Roux CA, Kubo T, Grobbelaar AA, van Vuren PJ, Weyer J, Nel LH, Swanepoel R, Morita K, Paweska JT (2009) Development and evaluation of a real-time reverse transcription-loop-mediated isothermal amplification assay for rapid detection of Rift Valley fever virus in clinical specimens. *J Clin Microbiol* 47:645–651 <https://doi.org/10.1128/jcm.01412-08>
52. Li J, Song D, He W, Bao Y, Lu R, Su G, Wang G, Lu H, Zhao K, Gao F (2013) Rapid detection of orf virus by loop-mediated isothermal amplification based on the DNA polymerase gene. *Arch Virol* 158:793–798 <https://doi.org/10.1007/s00705-012-1526-1>
53. Njiru Z, Mikosza A, Matovu E, Enyaru J, Ouma J, Kibona S, Thompson R, Ndung'u J (2008) African trypanosomiasis: sensitive and rapid detection of the sub-genus Trypanozoon by loop-mediated isothermal amplification (LAMP) of parasite DNA. *Int J Parasitol* 38:589–599 <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2007.09.006>
54. Feng K, Li W, Guo Z, Duo H, Fu Y, Shen X, Tie C, XIAO C, LUO Y, QI G (2017) Development of LAMP assays for the molecular detection of taeniid infection in canine in Tibetan rural area. *J Vet Med Sci* 79:1986–1993 <https://doi.org/10.1292/jvms.17-0430>
55. Domingo C, Alili R, Alvaran I, Aquino R (2018) Prepatent RT-LAMP Detection of *Fasciola gigantica* in Snails (*Lymnaea* spp.) and Goats (*Capra hircus*) Targeting Cathepsin B3 gene. *J Vet Sci Med Diagn* 7 3:2 DOI: 10.4172/2325-9590.1000263
56. Qiao J, Wang J, Meng Q, Wang G, Liu Y, He Z, Yang H, Zhang Z, Cai X, Chen C (2013) Rapid detection of Akabane virus by a novel reverse transcription loop-mediated isothermal amplification assay (RT-LAMP). *Virol J* 10:1–5 <https://doi.org/10.1186/1743-422X-10-288>
57. Xie Z, Fan Q, Liu J, Pang Y, Deng X, Xie Z, Liji X, Khan MI (2012) Reverse transcription loop-mediated isothermal amplification assay for rapid detection of Bovine Rotavirus. *BMC Vet Res* 8:1–9 <https://doi.org/10.1186/1746-6148-8-133>
58. Fan Q, Xie Z, Xie L, Liu J, Pang Y, Deng X, Xie Z, Peng Y, Wang X (2012) A reverse transcription loop-mediated isothermal amplification method for rapid detection of bovine viral diarrhoea virus. *J Virol Methods* 186:43–48 <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2012.08.007>
59. Bath C, Scott M, Sharma PM, Gurung RB, Phuentshok Y, Pefanis S, Colling A, Singanallur Balasubramanian N, Firestone SM, Ungvanijban S (2020) Further development of a reverse-transcription loop-mediated isothermal amplification (RT-LAMP) assay for the detection of foot-and-mouth disease virus and validation in the field with use of an internal positive control. *Transbound Emerg Dis* 67:2494–2506 <https://doi.org/10.1111/tbed.13589>
60. El-Kholy AA, Abdelrahman K, Soliman H (2014) Rapid detection of BoHV-1 genomic DNA by loop-mediated isothermal amplification assay. *J Virol Methods* 204:81–85 <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2014.04.011>
61. Yashiki N, Yamazaki Y, Subangkit M, Okabayashi T, Yamazaki W, Goto Y (2019) Development of a LAMP assay for rapid and sensitive detection and differentiation of *Mycobacterium avium* subsp. *avium* and subsp. *hominissuis*. *Lett Appl Microbiol* 69:155–160 <https://doi.org/10.1111/lam.13188>
62. Ali SA, Boby N, Preena P, Singh SV, Kaur G, Ghosh SK, Nandi S, Chaudhuri P (2022) Microcapillary LAMP for rapid and sensitive detection of pathogen in bovine semen. *Anim Biotechnol* 33:1025–1034 <https://doi.org/10.1080/10495398.2020.1863225>
63. Hang'ombe MB, Nakajima C, Ishii A, Fukushima Y, Munyeme M, Matandiko W, Mweene AS, Suzuki Y (2011) Rapid detection of *Mycobacterium tuberculosis* complex in cattle and lechwe (*Kobus lechwe kafuensis*) at the slaughter house. *Vet Sci Dev* 1:e5–e5 <https://doi.org/10.4081/vsd.2011.2374>
64. Kapalamula TF, Thapa J, Akapelwa ML, Hayashida K, Gordon SV, Hang'Ombe BM, Munyeme M, Solo ES, Bwalya P, Nyenje ME (2021) Development of a loop-mediated isothermal amplification (LAMP) method for specific detection of *Mycobacterium bovis*. *PLoS Negl Trop Dis* 15:e0008996 <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008996>
65. Kumar B, Maharana BR, Brahmabhatt NN, Thakre BJ, Parmar VL (2021) Development of a loop-mediated isothermal amplification assay based on RoTat1. 2 gene for detection of *Trypanosoma evansi* in domesticated animals. *Parasitol Res* 120:1873–1882 <https://doi.org/10.1007/s00436-021-07118-7>
66. Castilho Neto KJG de A, Garcia AB da CF, Fidelis Junior OL, Nagata WB, André MR, Teixeira MMG, Machado RZ, Cadioli FA (2021) Follow-up of dairy cattle naturally infected by *Trypanosoma vivax* after treatment with isometamidium chloride. *Rev Bras Parasitol Vet* 30: <https://doi.org/10.1590/S1984-29612021019>
67. Ahmed ME, Eldigail MH, Elamin FM, Ali IA, Grobusch MP, Aradaib IE (2016) Development and evaluation of real-time loop-mediated isothermal amplification assay for rapid detection of cystic echinococcosis. *BMC Vet Res* 12:1–10 <https://doi.org/10.1186/s12917-016-0809-2>
68. HAN J, ZHANG H, Qin T, LIU T, Jing X, Li L, Gang Y, Yin W, YAO X, YANG Z (2017) Preliminary study of LAMP method for the detection of equine infectious anemia virus. *Atlantis Press*, pp 492–499 <https://doi.org/10.2991/bbe-17.2017.79>
69. Boyle AG, Stefanovski D, Rankin SC (2017) Comparison of nasopharyngeal and guttural pouch specimens to determine the optimal sampling site to detect *Streptococcus equi* subsp. *equi* carriers by DNA amplification. *BMC Vet Res* 13:1–8 <https://doi.org/10.1186/s12917-017-0989-4>
70. Htun ZM, Rotchanapreeda T, Rujirawat T, Lohnoo T, Yingyong W, Kumsang Y, Sae-Chew P, Payattikul P, Yurayart C, Limsivilai O (2020) Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) for identification of *Pythium insidiosum*. *Int J Infect Dis* 101:149–159 <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.09.1430>
71. Inácio J, Flores O, Spencer-Martins I (2008) Efficient identification of clinically relevant *Candida* yeast species by use of an assay combining panfungal loop-mediated isothermal DNA amplification with hybridization to species-specific oligonucleotide probes. *J Clin Microbiol* 46:713–720 <https://doi.org/10.1128/jcm.00514-07>
72. Chen H, Zhang J, Liu Y, Liu X (2011) Detection of foot-and-mouth disease virus RNA by reverse transcription loop-mediated

- isothermal amplification. *Viol J* 8:1–4 <https://doi.org/10.1186/1743-422X-8-510>
73. Zhao K, Hu R, Ni J, Liang J, He X, Du Y, Xu Y, Zhao B, Zhang Q, Li C (2020) Establishment of a porcine parvovirus (PPV) LAMP visual rapid detection method. *J Virol Methods* 284:113924 <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2020.113924>
74. Qu G, Fu S, Shen N, Wang J, Xiao Y, Guan Y, Tang N, Chen L, Gao S, Shen Z (2010) Rapid and sensitive diagnosis of porcine parvovirus by loop-mediated isothermal amplification (LAMP) method. *J Appl Anim Res* 37:113–116 <https://doi.org/10.1080/09712119.2010.9707106>
75. Wang D, Yu J, Wang Y, Zhang M, Li P, Liu M, Liu Y (2020) Development of a real-time loop-mediated isothermal amplification (LAMP) assay and visual LAMP assay for detection of African swine fever virus (ASFV). *J Virol Methods* 276:113775 <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2019.113775>
76. Chen H-T, Chu Y-F, Liu Y-S, Zhang J, Lu Z-X (2010) Loop-mediated isothermal amplification for the rapid detection of *Haemophilus parasuis*. *FEMS Microbiol Immunol* 60:283–285 <https://doi.org/10.1111/j.1574-695X.2010.00728.x>
77. Avila HG, Rizzo MG, Cabrera M, Ruybal P, Repetto SA, Butti MJ, Trangoni MD, Santillán G, Pérez VM, Periago MV (2021) Development of a new LAMP assay for the detection of *Ancylostoma Caninum* DNA (Copro-Lampac) in dog fecal samples. *Front vet sci* 8:770508 <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.770508>
78. Gao C, Ding D, Wang J, Steverding D, Wang X, Yang Y, Shi F (2015) Development of a LAMP assay for detection of *Leishmania infantum* infection in dogs using conjunctival swab samples. *Parasites Vectors* 8:1–8 <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0991-2>
79. Sun Y-L, Yen C-H, Tu C-F (2014) Visual detection of canine parvovirus based on loop-mediated isothermal amplification combined with enzyme-linked immunosorbent assay and with lateral flow dipstick. *J Vet Med Sci* 76:509–516 <https://doi.org/10.1292/jvms.13-0448>
80. Ikadai H, Tanaka H, Shibahara N, Matsuu A, Uechi M, Itoh N, Oshiro S, Kudo N, Igarashi I, Oyamada T (2004) Molecular evidence of infections with *Babesia gibsoni* parasites in Japan and evaluation of the diagnostic potential of a loop-mediated isothermal amplification method. *J Clin Microbiol* 42:2465–2469 <https://doi.org/10.1128/jcm.42.6.2465-2469.2004>
81. Müller H, Aysul N, Liu Z, Salih D, Karagenc T, Beyer D, Kullmann B, Ahmed J, Seitzer U (2010) Development of a Loop-mediated Isothermal Amplification (LAMP) Assay for Rapid Diagnosis of *Babesia canis* infections. *Transbound Emerg Dis* 57:63–65 <https://doi.org/10.1111/j.1865-1682.2010.01113.x>
82. Chaouch M, Mhadhbi M, Adams ER, Schoone GJ, Limam S, Gharbi Z, Darghouth MA, Guizani I, BenAbderrazak S (2013) Development and evaluation of a loop-mediated isothermal amplification assay for rapid detection of *Leishmania infantum* in canine leishmaniasis based on cysteine protease B genes. *Vet Parasitol* 198:78–84 <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.07.038>
83. Maurelli MP, Bosco A, Foglia Manzillo V, Vitale F, Giaquinto D, Ciuca L, Molinaro G, Cringoli G, Oliva G, Rinaldi L (2020) Clinical, molecular and serological diagnosis of canine leishmaniasis: an integrated approach. *Vet Sci* 7:43 <https://doi.org/10.3390/vetsci7020043>
84. Xue Y, Kong Q, Ding H, Xie C, Zheng B, Zhuo X, Ding J, Tong Q, Lou D, Lu S (2021) A novel loop-mediated isothermal amplification-lateral-flow-dipstick (LAMP-LFD) device for rapid detection of *Toxoplasma gondii* in the blood of stray cats and dogs. *Parasite* 28:41 [doi: 10.1051/parasite/2021039](https://doi.org/10.1051/parasite/2021039)
85. Aonuma H, Yoshimura A, Perera N, Shinzawa N, Bando H, Oshiro S, Nelson B, Fukumoto S, Kanuka H (2009) Loop-mediated isothermal amplification applied to filarial parasites detection in the mosquito vectors: *Dirofilaria immitis* as a study model. *Parasites Vectors* 2:1–7 <https://doi.org/10.1186/1756-3305-2-15>
86. Raele DA, Pugliese N, Galante D, Latorre LM, Cafiero MA (2016) Development and application of a loop-mediated isothermal amplification (LAMP) approach for the rapid detection of *Dirofilaria repens* from biological samples. *PLoS Negl Trop Dis* 10:e0004789 <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004789>
87. Bucher BJ, Muchaamba G, Kamber T, Kronenberg PA, Abykirimov KK, Isaev M, Deplazes P, Alvarez Rojas CA (2021) LAMP Assay for the Detection of *Echinococcus multilocularis* Eggs Isolated from Canine Faeces by a Cost-Effective NaOH-Based DNA Extraction Method. *Pathogens* 10: <https://doi.org/10.3390/pathogens10070847>
88. Chen M, Ai L, Zhang R, Xia J, Wang K, Chen S, Zhang Y, Xu M, Li X, Zhu X (2011) Sensitive and rapid detection of *Paragonimus westermani* infection in humans and animals by loop-mediated isothermal amplification (LAMP). *Parasitol Res* 108:1193–1198 <https://doi.org/10.1007/s00436-010-2162-x>
89. Rapichai W, Saejung W, Khumtong K, Boonkaewwan C, Tuanthap S, Lieberzeit PA, Choowongkorn K, Rattanasrisomporn J (2022) Development of colorimetric reverse transcription loop-mediated isothermal amplification assay for detecting feline coronavirus. *Animals* 12:2075 <https://doi.org/10.3390/ani12162075>
90. Cao Z, Zhang K, Yin D, Zhang Q, Yu Y, Wen J, Ni H (2022) Clinical validation of visual LAMP and qLAMP assays for the rapid detection of *Toxoplasma gondii*. *Front Cell Infect Microbiol* 12:1024690 <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.1024690>
91. Khamlor T, Pongpiachan P, Parnpai R, Punyawai K, Sangsritavong S, Chokesajjawatee N (2015) Bovine embryo sex determination by multiplex loop-mediated isothermal amplification. *Theriogenology* 83:891–896 <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.11.025>
92. Chan K-W, Liu P-C, Yang W-C, Kuo J, Chang C-T, Wang C-Y (2012) A novel loop-mediated isothermal amplification approach for sex identification of Columbidae birds. *Theriogenology* 78:1329–1338 <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.05.034>
93. Ahmed MU, Hasan Q, Hossain MM, Saito M, Tamiya E (2010) Meat species identification based on the loop mediated isothermal amplification and electrochemical DNA sensor. *Food Control* 21:599–605 <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.09.001>
94. Cho A-R, Dong H-J, Cho S (2014) Meat species identification using loop-mediated isothermal amplification assay targeting species-specific mitochondrial DNA. *Korean J Food Sci Anim Resour* 34:799 [doi: 10.5851/kosfa.2014.34.6.799](https://doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.6.799)
95. Sul S, Kim M-J, Kim H-Y (2019) Development of a direct loop-mediated isothermal amplification (LAMP) assay for rapid and simple on-site detection of chicken in processed meat products. *Food Control* 98:194–199 <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.11.025>
96. Thangsunan P, Temisak S, Jaimalai T, Rios-Solis L, Suree N (2022) Sensitive detection of chicken meat in commercial processed food products based on one-step colourimetric loop-mediated isothermal amplification. *Food Anal Methods* 1–15 <https://doi.org/10.1007/s12161-021-02210-1>
97. Wang Y, Wang B, Wang D (2022) Development of a Ladder-shape melting temperature isothermal amplification assay for detection of duck adulteration in beef. *J Food Prot* 85:1203–1209 <https://doi.org/10.4315/JFP-22-015>
98. Abdulmawjood A, Grabowski N, Fohler S, Kittler S, Nagengast H, Klein G (2014) Development of loop-mediated isothermal amplification (LAMP) assay for rapid and sensitive identification of ostrich meat. *PLoS one* 9:e100717 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100717>
99. Mounika T, Girish P, Shashi Kumar M, Kumari A, Singh S,

- Karabasanavar NS (2021) Identification of sheep (*Ovis aries*) meat by alkaline lysis-loop mediated isothermal amplification technique targeting mitochondrial D-loop region. *J. Food Sci Technol* 58:3825–3834 <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04843-2>
100. Kim M-J, Kim H-Y (2018) Direct duplex real-time loop mediated isothermal amplification assay for the simultaneous detection of cow and goat species origin of milk and yogurt products for field use. *Food Chem* 246:26–31 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.014>
101. Kumari S, Kumar RR, Mendiratta SK, Kumar D, Rana P, Kumar D, Jawla J (2019) Species-specific loop-mediated isothermal amplification (LAMP) assay for identification of tissue of cattle origin by targeting mitochondrial gene sequences. *3 Biotech* 9:1–9 <https://doi.org/10.1007/s13205-019-1595-x>
102. Yu W, Chen Y, Wang Z, Qiao L, Xie R, Zhang J, Bian S, Li H, Zhang Y, Chen A (2021) Multiple authentications of high-value milk by centrifugal microfluidic chip-based real-time fluorescent LAMP. *Food Chem* 351:129348 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129348>
103. Cai S, Kong F, Xu S (2020) Detection of porcine-derived ingredients from adulterated meat based on real-time loop-mediated isothermal amplification. *Mol Cell Prob* 53:101609 <https://doi.org/10.1016/j.mcp.2020.101609>
104. Kanchanaphum P, Maneenin S, Chaiyana W (2014) Analysis of pork meat using loop mediated isothermal amplification (LAMP) to confirm halal status. *Int J Biosci* 4:62–68 <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/4.9.62-68>
105. Yang L, Fu S, Peng X, Li L, Song T, Li L (2014) Identification of pork in meat products using real-time loop-mediated isothermal amplification. *Biotechnol Biotechnol Equip* 28:882–888 <https://doi.org/10.1080/13102818.2014.963789>
106. Lee S-Y, Kim M-J, Hong Y, Kim H-Y (2016) Development of a rapid on-site detection method for pork in processed meat products using real-time loop-mediated isothermal amplification. *Food Control* 66:53–61 <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.01.041>
107. Girish P, Barbuddhe S, Kumari A, Rawool DB, Karabasanavar NS, Muthukumar M, Vaithyanathan S (2020) Rapid detection of pork using alkaline lysis-Loop Mediated Isothermal Amplification (AL-LAMP) technique. *Food Control* 110:107015 <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107015>
108. Deb R, Sengar G, Singh U, Kumar S, Raja T, Alex R, Alyethodi R, Prakash B (2017) LAMP assay for rapid diagnosis of cow DNA in goat milk and meat samples. *Iran J Vet Res* 18:134
109. Jawla J, Kumar RR, Mendiratta S, Agarwal R, Kumari S, Saxena V, Kumar D, Singh P, Bobby N, Rana P (2021) based loop-mediated isothermal amplification and lateral flow (LAMP-LF) assay for identification of tissues of cattle origin. *Anal Chim Acta* 1150:338220 <https://doi.org/10.1016/j.aca.2021.338220>
110. Kumari S, Kumar R, Mendiratta S, Kumar D, Kumar A, Kumar D, Rana P, Jawla J (2020) On-site detection of tissues of buffalo origin by loop-mediated isothermal amplification (LAMP) assay targeting mitochondrial gene sequences. *Food Anal Methods* 13:1060–1068 <https://doi.org/10.1007/s12161-020-01718-2>
111. Deb R, Sengar GS, Singh U, Kumar S, Alyethodi R, Alex R, Raja T, Das A, Prakash B (2016) Application of a loop-mediated isothermal amplification assay for rapid detection of cow components adulterated in buffalo milk/meat. *Mol Biotechnol* 58:850–860 <https://doi.org/10.1007/s12033-016-9984-4>
112. Dini P, Van Poucke M, Herrera C, Peelman L, Daels P (2016) Preimplantation gender determination on equine embryos using LAMP. *J Equine Vet Sci* pp 75–75 <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.12.013>
113. Zahradnik C, Martzy R, Mach RL, Krška R, Farnleitner AH, Brunner K (2015) Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) for the detection of horse meat in meat and processed meat products. *Food Anal Methods* 8:1576–1581 <https://doi.org/10.1007/s12161-014-0072-8>
114. Wang J, Wan Y, Chen G, Liang H, Ding S, Shang K, Li M, Dong J, Du F, Cui X (2019) Colorimetric detection of horse meat based on loop-mediated isothermal amplification (LAMP). *Food Anal Methods* 12:2535–2541 <https://doi.org/10.1007/s12161-019-01590-9>
115. Zhang C, Zhang X, Liao G, Shang Y, Ge C, Chen R, Wang Y, Xu W (2019) Species-specific TM-LAMP and Trident-like lateral flow biosensor for on-site authenticity detection of horse and donkey meat. *Sensors and Actuators B: Chemical* 301:127039 <https://doi.org/10.1016/j.snb.2019.127039>
116. Liu J, Shi Y, Teng S, Wu L, Zhang X (2017) Establishment and evaluation of a loop-mediated isothermal amplification assay for detection of Raccoon dog in meat mixtures. *J Food Qual* 2017: <https://doi.org/10.1155/2017/9319035>
117. Li X, Gao X, Guan Y (2019) A novel isothermal amplification method for detecting mouse source component in meat. *J AOAC Int* 102:872–877 <https://doi.org/10.5740/jaoacint.18-0325>
118. Mabey D, Peeling RW, Ustianowski A, Perkins MD (2004) Diagnostics for the developing world. *Nat Rev Microbiol* 2:231–240 <https://doi.org/10.1038/nrmicro841>
119. Fu S, Qu G, Guo S, Ma L, Zhang N, Zhang S, Gao S, Shen Z (2011) Applications of loop-mediated isothermal DNA amplification. *Appl Biochem Biotechnol* 163:845–850 <https://doi.org/10.1007/s12010-010-9088-8>
120. Mansour SM, Ali H, Chase CC, Cepica A (2015) Loop-mediated isothermal amplification for diagnosis of 18 World Organization for Animal Health (OIE) notifiable viral diseases of ruminants, swine and poultry. *Anim Health Res Rev* 16:89–106 <https://doi.org/10.1017/S1466252315000018>
121. Hsieh K, Mage PL, Csordas AT, Eisenstein M, Soh HT (2014) Simultaneous elimination of carryover contamination and detection of DNA with uracil-DNA-glycosylase-supplemented loop-mediated isothermal amplification (UDG-LAMP). *ChemComm* 50:3747–3749 <https://doi.org/10.1039/C4CC00540F>
122. Chen H-W, Ching W-M (2016) The development of lyophilized loop-mediated isothermal amplification reagents for the detection of *Coxiella burnetii*. *J Vis Exp* e53839 <https://doi.org/10.3791/53839>

Közlésre érkezik: 2023. Aug. 13.

Poisonous lichens, lichen poisonings – adventures in the world of lichens

Literature review

J. Vetter

Állatorvostudományi Egyetem,
Növénytan Tanszék
H-1077, Budapest
Rottenbiller u. 50.

*e-mail:vetter.janos@univet.hu

Mérgező zuzmók, zuzmómérgezések – kalandozások a zuzmók világában

Irodalmi áttekintés

Vetter János**ÖSSZEFOGLALÁS**

A szerző szakirodalmi adatok alapján összefoglalja a zuzmók legfontosabb biológiai tulajdonságait. A gomba- (mikobionta) és a fotoszintetikus zöldalga- v. cianobaktérium-partner (fotobionta) és határozatlan számú felszíni mikroorganizmus mutualisztikus közösségét jelentő zuzmók a szárazföldi növénytársulások 8 százalékán vannak jelen. A zuzmók egyes állatcsoportok számára táplálékok, takarmányforrások (néha szükségtakarmányként) is lehetnek. A zuzmókra a kis fehérje-, zsír-, a változó hamu- és az igen jelentős szénhidrát-tartalom jellemző (cellulóz, hemicellulóz, lichenin és izolichenin). A hatóanyagaik közül kiemelkedő az uzneasav biológiai hatása, hiszen a nem-kérődzők, ill. az ember esetében májkárosodásokat okoz, a kérődző, nagy növényevőknél (rénszarvas, általában a szarvasfélék) a bendő mikrobiótája az uzneasavat jórészt hatástalanítja.

SUMMARY

Lichens represent a mutualistic community of fungal partners (mycobiont) and photosynthetic partners (photobiont), furthermore an undetermined number of other microorganisms living in and on the surface layers contribute to this association. They are present in 8 % of terrestrial plant communities. Lichens are characterized not only by their slow growth, but also by their extreme tolerance to various environmental conditions. Under the given conditions, lichens can also be a source of feed (most often in case of emergency only) for certain groups of animals. After a brief, general characterization of the world of lichens, our literature review also presents some secondary metabolites of lichens, their number today is more than a thousand. Most of the secondary substances are produced by the mycobiont partner, but microcystins are synthesized by the cyanobacterial members of the lichen communities. The chemical composition of lichens is characterized by low protein and fat content, variable ash content and a very significant carbohydrate content, the latter group is characterized by special polysaccharides such as lichenin and izolichenin, that do not occur anywhere else beside cellulose and hemicellulose. All this can be supplemented by specific lichen metabolites (usnic acid, pulvinic acid, microcystins and others) and lead to rare but typical lichen poisonings. The biological effect of usnic acid is outstanding, as it causes liver damage in non-ruminants and in humans, and in ruminants, large herbivores (reindeer, usually cervids) the rumen bacterial flora largely neutralizes usnic acid. It has been proven that lichens are behind the classic poisonings that caused massive animal deaths (Wyoming, 2003-2004), although it is possible that not only usnic acid, but also other constituents are responsible for the symptoms. Lichens where the photobiont partner can produce liver-damaging microcystins can pose a potential danger. Changes in climatic conditions may increase the role of lichens as a forage source for certain animal groups. Further tests and data are necessary for an even more precise understanding of lichen poisoning.

A régebbi növénytani tankönyveket fellapozva a növényvilág egyes törzseinek ismeretése között találjuk meg a zuzmókkal foglalkozó fejezetet. Napjainkra azonban a helyzet alapvetően megváltozott, hiszen a zuzmókat, a gombák és zöldalgák és/vagy cianobaktériumok mutualisztikus, azaz kölcsönösen előnyös együttélését jelentő életközösségeket a gombavilág részének tekintjük, másszóval ezek a lichenizált gombák (a zuzmók tudománya pedig a lichenológia), amelyek nem alkotnak elkülöníthető rendszertani egységet. A zuzmókat a klasszikus felfogás szerint két élőlény kapcsolata hozza létre: a gombapartner (a mikobionta) hifái életteret biztosítanak a fotoszintetizáló alga- vagy cianobaktérium-partner (fotobionta) számára. A mikobionta a vizet és az ásványi anyagokat veszi fel és biztosítja a fotobionta számára, amely viszont fotoszintézise révén szerves anyagokat szintetizál és ad át a mikobiontának. Határozatlan számú, további felszíni mikroorganizmusok (baktériumok, bazídiumos élesztőgombák) járulnak hozzá a zuzmók anyagcsere-folyamataihoz [1].

A zuzmókat két élőlény kapcsolata hozza létre: a gombapartner (a mikobionta) hifái életteret biztosítanak a fotoszintetizáló alga- vagy ciano-baktérium-partner (fotobionta) számára

A mikobionta-partner a zuzmók döntő részében (98%) tömlősgomba, a fotobionták főként a zöld- (85%), vagy a kékalgákhoz (10%), azaz a cianobaktériumok csoportjához tartoznak

Jelenleg kb. 18–20 000-re tehető a zuzmófajok száma

A ZUZMÓKAT ALKOTÓ SZERVEZETEK

Az eddig előfordult partnereket az **1. ábrán** tekinthetjük át. Megállapítható, hogy a mikobionta-partner a zuzmók döntő részében (98%) tömlősgomba, a fotobionták főként a zöld- (85%), vagy a kékalgákhoz (10%), azaz a cianobaktériumok csoportjához tartoznak. Azt a néhány szervezetet, amelyekben sárgás-zöld (3–4%) vagy barna algák (egy taxon) élnek együtt gombákkal, nem soroljuk a zuzmók közé [1, 2]. Hazai fajaink gombaalkotói a tömlősgombák közül kerülnek ki. Jelenleg a lichenológia kb. 18–20 000-re teszi az élő zuzmófajok számát. Élőhelyeik igen sokfélék, a szárazföldi ökoszisztémák körülbelül 8%-án található zuzmókat, a sarkoktól a trópusokig, a síkságoktól a magashegységekig (ismert néhány faj édesvízből vagy a tengerek partvidéki zónáiból is). A zuzmótelepek általában extrém környezeti feltételek (hőmérséklet, vízhiány, sótartalom, tápanyagszegénység) között is képesek élni vagy túlélni. Egyes fajok főként légszennyező anyagokra (kén-, nitrogén-, ill. nehézfém-tartalom) érzékenyek, ezért jól használhatóak bioindikátorként is [2, 3].

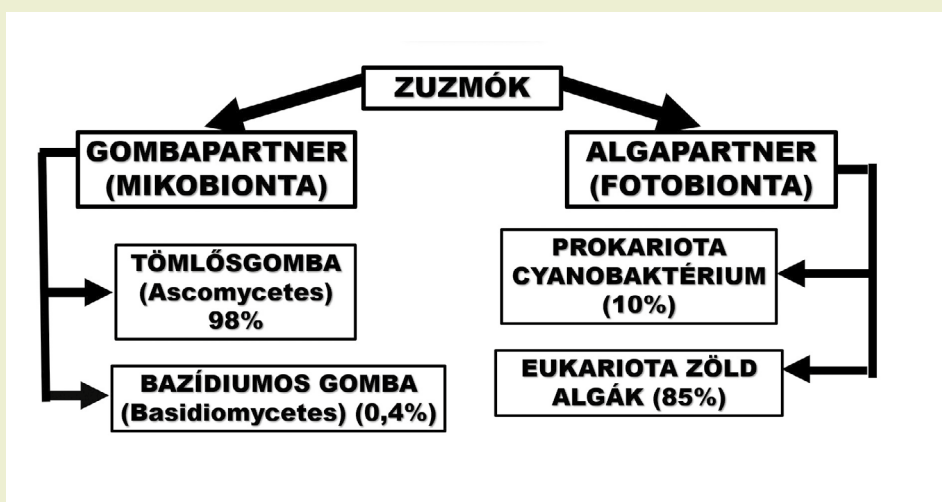
A zuzmók előbb bemutatott felépítését 2016 óta újabb információk egészítik ki. Egy nemzetközi kutatócsoport [4] a bazídiumos gombákhoz tartozó, olyan élesztőgombákat is leírt, amelyek a zuzmótelep kéreg részében helyezkednek el. A kutatócsoport új megállapítása szerint az egyébként tömlősgombákat tartalmazó bokros zuzmók telepében tehát két gombapartner és egy algapartner él (élhet) együtt. Ez a megállapítás új, részleteit, következményeit illetően azonban további vizsgálatossorozatokra van még szükség. Ugyancsak kutatandó, hogy az ún. zuzmóalakó gombák parazita vagy paraszimbionta természetűek-e, a fotoszintetikus partnerből is előfordulhat egyszerre két vagy három különböző taxon.

A ZUZMÓTELEP FELÉPÍTÉSE

Morfológiai szempontból kétféle zuzmótelep létezik, az egynemű (*homomer*), amelyet a gombahifák és az algák laza együttese jellemez és a gyakoribb, rétegzett, kompaktabb szerkezetű *heteromer* telep. Ez utóbbi esetében a felső kéregréteg alatt rendeződnek a fotoszintetizáló algasejtek. Ez alatt találjuk a laza hifaelemekből álló bélréteget, alul pedig a szorosabb, második kéregréteg helyezkedik el (**2. ábra**). Az alsó kéreg és a természetes aljzat különbözőképpen kapcsolódhat egymáshoz, egyesek a teljes felülettel, mások rögzítő képletekkel kötődhetnek az aljzathoz. A zuzmótelep formája többféle lehet. A *kéregtelepűek* (vékony bevonat az aljzaton) mellett a hullámos lebenyekből, karéjokból összetevődő *lombos telepűek* és az aljzatról felfelé ágaskodó vagy éppen lecsüngő *bokros* zuzmók képezik a leggyakoribb formákat. Példaként a kéregtelepű térkép-zuzmót

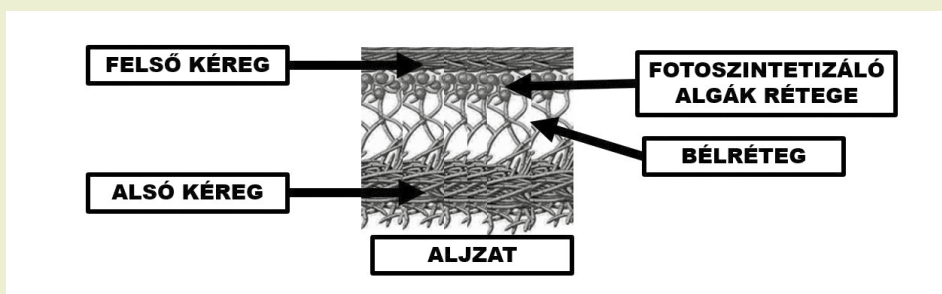
1. ÁBRA. A zuzmókat alkotó szervezetek áttekintése

FIGURE 1. Overview of lichen's components



2. ÁBRA. A heteromer zuzmótelep szerkezete

FIGURE 2. Structure of the heteromer lichen's thallus



3. ÁBRA. A kéregtelepű térképzuzmó (1), a lombos telepű *Hypogymnia physodes* (2) és a bokroszuzmókhöz tartozó szakállzuzmó (3) telepei

FIGURE 3. Thalli of the crustose (yellow map lichen: 1), of the foliose (*Hypogymnia physodes* – monk's hood lichen: 2) and of the fruticose (beard lichen – *Usnea*: 3) lichens



(*Rhizocarpon geographicum*), a lombos telepű *Hypogymnia physodes*-t és a bokroszuzmók közé tartozó szakállzuzmó (*Usnea*) fajokat szemléltetjük (3. ábra).

Vajon hogyan hasznosította korábban, ill. hasznosítja ma e szervezeteket az ember? Hasznosításuk régi és új lehetőségeit a 4. ábrán vázoljuk fel [5–14].

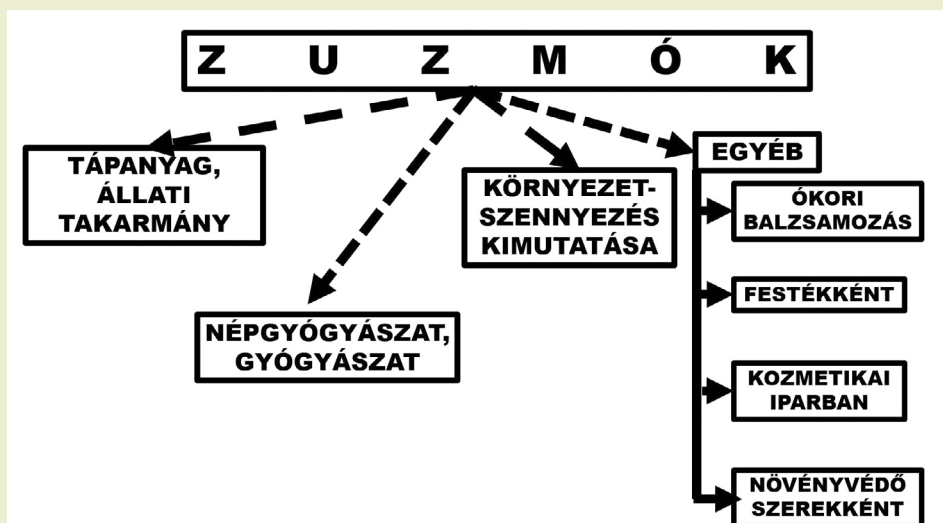
A ZUZMÓK MINT TÁPANYAGOK

A zuzmók régóta, számos kultúrkörben szolgáltak emberi táplálékul is

Történeti és néprajzi adatok igazolják, hogy a zuzmók régóta, számos kultúrkörben szolgáltak emberi táplálékul is (Észak-Amerika, Európa, Ázsia, Afrika). Sokszor a rendkívüli helyzetek (éhínség, háborús helyzetek, katasztrófák) tették szükségessé táplálékszerepüket, máskor ezek nélkül is táplálkozásunk elemei lehettek, vagy akár ritka, különleges fogásként fordulnak elő néhol, mai táplálkozásunkban is. Kínában pl. 15féle ehető zuzmót tartanak nyilván [5], egyeseket pörkölés, sütés vagy más tartósítás

4. ÁBRA. A zuzmók hasznosításának fő lehetőségei [5–14]

FIGURE 4. Main possibilities for the utilization of lichens [5–14]



A zuzmók összes szénhidrátartalma jelentős (53–79%), a nyersrosttartalom 5–16%, míg a hamutartalom 4 és 12% között változik

után fogyasztják. Indiában, és Közel-Keleten egyes fajokat fűszerként vagy ételízesítőként alkalmaznak. Van tudomásunk a zuzmóból történő alkohol előállításáról is [5].

A zuzmók kémiai összetételét illetően nemcsak a különböző fajok, hanem ugyanazon faj különböző termőhelyen élő populációi is jelentősen eltérhetnek. A ZHAO és mtsai 12 publikáción alapuló szakirodalmi áttekintése alapján megállapíthatjuk, hogy a zuzmók nyersfehérje- és a nyerszsírtartalma kicsi (5–16%, ill. 1,3–6,5%) [5]. Vannak kivételek is, hiszen az afrikai zuzmó keverék, a „Yari”, csak 5,3%-os fehérjetartalmú, de aminosavösszetétele igen jónak mondható [15]. Az összes szénhidrátartalom jelentős (53–79%), a nyersrosttartalom 5–16%, míg a hamutartalom 4 és 12%-ok között változik. Utóbbi értékek azt is jelzik, hogy az ásványi anyagok mennyisége akár nagyobb koncentrációkat is elérhet. Az 1. táblázatban ZHAO és mtsai nyomán tekinthetjük át a fontos makro- és mikroelemek mennyiségeinek alakulását. A táblázat adatai szerint legtöbb a Ca-ból, majd a K-ból fordul elő, a Mg-tartalom sokkal kiegyenlítettebb. Érdekes, hogy a Fe-tartalom adatai között előfordul 8250 ppm-es érték is. A Cu akár 180 ppm-es, a Mn 233 ppm-es koncentrációt is elért egyes zuzmómintákban. Nem meglepő az sem, hogy a Ni és a Cr elemekből is mértek 10–20 ppm-es koncentrációkat [5].

1. TÁBLÁZAT. Az ehető zuzmók ásványi összetétele [5]

TABLE 1. Mineral composition of some edible lichens [5]

Elemek	Koncentráció határai (ppm)	Elemek	Koncentráció határai (ppm)
K	800–5497	Mn	20–233
P	24–1340	Cu	4,3–180
S	553–815	Zn	31–741
Ca	3082–17087	Ni	1,92–9,85
Mg	227–1506	Cr	6,1–21,6
Na	10–370	Li	4,7
Fe	311–8250	Co	0,01–1,0

A vízdékony cukrok aránya néhány tized és 1,9% közötti, a szénhidrátok döntő hányadát a hemicellulóz-frakció alkotja

A zuzmók száraz tömegének döntő részét, közel 75–80%-át a szénhidrátok teszik ki. Ezek sorában monoszacharidok (D-glükóz, D-galaktóz, D-fruktóz, D-tagatóz, D-xilóz), cukoralkoholok (ribitol, mannitol, volemitol), diszacharidok (szacharóz, trehalóz) találhatóak, százalékos arányban azonban a legtöbb a poliszacharid (hemicellulózok, cellulóz, lichenin, izolichenin). A zuzmó-poliszacharidok közül a homopolimer glukánok (α - és β -glukánok), valamint a heteropolimer galaktomannánok a legfontosabbak. Specifikus, másutt elő nem forduló alkotóként írták le a lichenint ($C_6H_{10}O_5$)_n és az izolichenint ($C_6H_{10}O_5$)_n.

Az Észak-Európában gyakori *Cetraria islandica* zuzmófajból izolálta BERZELIUS svéd vegyész 1813-ban a licheninből és az izolicheninből álló poliszacharid-keveréket. A lichenin hideg vízben oldhatatlan lineáris (1→3)-(1→4)- β -D-glukán, a két kötéstípus aránya 3:7 [16]. A lichenin hideg vízben oldható típusát izolálták az *Evernia prunastri* zuzmófajból, itt az (1→3) kötés dominál, az arány 3:1. A röntgenkrisztallográfiai vizsgálatok szerint a licheninnek hármass, helikális térszerkezete van, ehhez hasonló tulajdonság több, gombából származó, oldható β -glukán molekulát is jellemez. BERZELIUS azonosította a zuzmó hideg vízben oldható, α -glukán frakcióját, amelyet először zuzmókeményítőként (a jódos festés kék színe miatt) írt le. A későbbi szerkezet vizsgálatok szerint a poliszacharidban α -(1→3) és α -(1→4) kötések vannak. Különböző kutatóműhelyek különböző kötésarányokat találtak, a molekula tömege 26 és 2000 kDa közötti, azaz igen változatos. Néhány zuzmófaj szénhidrátfrakcióinak alakulását mutatja be az AKBULUT és YILDIZ adatainak felhasználásával szerkesztett 2. táblázat [17]. A szénhidrátok összesen a zuzmók száraztömegének 80–85%-át alkotják, a vízdékony cukrok aránya néhány tized és 1,9% közötti, a szénhidrátok döntő hányadát a hemicellulóz-frakció alkotja. Mindezt a cellulóz, majd a lichenintartalmak követik. Utóbbi, mint jellemző zuzmókomponens, a különböző fajokban eltérő arányban fordul elő, általában néhány %, bár a *Cetraria* fajok akár 51%-ban is tartalmazhatják. A legtöbb zuzmófaj egyébként kissé kesernyés ízű és nem nagy tápértékű.

2. TÁBLÁZAT. Néhány zuzmófaj szénhidrát tartalmai [17]

TABLE 2. Carbohydrate contents of some lichen species [17]

Zuzmók	Vízdékony cukor (%)	Lichenin (%)	Hemicellulóz (%)	Cellulóz (%)	Összes szénhidrát (%)
<i>Cetraria</i> fajok	1,5–1,9	18,8–50,9	25,8–59,7	3,9	82,5–83,9
<i>Alectoria ochroleuca</i>	1,2	45,6	34,6	3,7	85,1
<i>Cladonia</i> fajok	0,3–0,4	1,6–4,1	68,5–73,8	7,3–10,8	80,2–83,7
<i>Peltigera aphtosa</i>	0,4	4,9	35,2	8,3	48,8
Összesítve: min–max	0,3–1,9	1,6–50,9	25,8–73,8	3,7–10,8	48,8–85,1

A zuzmók nem kevés állatfaj élőhelyén és táplálkozásában játszanak kisebb-nagyobb szerepet. Az észak-amerikai Sziklás-hegységben élő vöröshátú erdei pocok (*Myodes glareolus*) és az északi repülő mókus (*Glaucomus sabrinus*) táplálkozásában a zuzmók, ill. bizonyos gombák is jelentős alkotók lehetnek. DUBAY és MTSAI ezen állatok táplálkozási preferenciáit, ill. a tápanyagok emészthetőségét

**Több nagy testű
növényevő
táplálkozásában
szerepet játszanak
a zuzmók,
leginkább télen**

is vizsgálták [6]. Az érintett zuzmófajok főleg a *Bryoria* nemzetséghez tartoznak. Ezek összetételére a kicsi nitrogén- (0,76%) és lipidtartalom (1,20%), ill. a nagy neutrális detergens rosttartalom (Neutral Detergent Fiber, NDF) jellemző (átlag 26%), a savdetergens rosttartalom (Acid Detergent Fiber, ADF) nem mérhető, a nyershamutartalom kicsi. A szerzők megállapították, hogy az említett kisemlősök télen több zuzmót fogyasztanak, de a zuzmótartalmú tápanyagot ilyenkor ki kell egészíteniük nitrogénforrással, mert a csak zuzmót tartalmazó táplálkozás nem biztosítja a nitrogén-anyagcsere egyensúlyát.

A nagyobb testű növényevők közül jónéhány állatfaj jellemezhető azzal, hogy táplálkozásában – különösen télen – szerepet kapnak a zuzmók is. Ide nemcsak a magasabb hegységek állatfajai tartoznak (a kőszáli kecske /*Capra ilex*/, a zerge /*Rupicapra rupicapra*/, a hegyi kecske /*Oreamnos americanus*/), hanem a szarvasok körébe tartozó gímszarvas (*Cervus elaphus*), a vapiti (*Cervus canadensis*), a dám-szarvas (*Dama dama*), a jávorszarvas (*Alces alces*), az öszvérszarvas (*Odocoileus hemionus*) és a villásszarvú antilop (*Antilocapra americana*) is. Meghatározó zuzmófogyasztó (lehet) a rénszarvas (*Rangifer tarandus*). Adott esetben a zuzmófogyasztás felléphet más növényevőknél is (őz: *Capreolus capreolus*). A szakirodalom alapján megállapítható, hogy a tápanyagként (szükség tápanyagként) szolgáló zuzmókat a kis fehérje- és zsírtartalom, a nagy szénhidrátszint (kevés oldható cukor, de sok különböző tulajdonságú poliszacharid – hemicellulóz, cellulóz, lichenin, ill. kevés kitin) jellemzi. A hamutartalmak széles határok között változnak, jelezve, hogy a termőhelyi adottságok és a szóban forgó zuzmófaj szerint eltérő ásványelem-forrásként jöhetnek szóba. Ez jelezhet kisebb K-, Mg-, nagyobb Ca-tartalmakat, ill. néhány mikroelem különböző mennyiségét. Korábban utaltunk arra, hogy a zuzmók lassú gyarapodású, de hosszabb élettartamú szervezetek. Egyes elemekből tehát képesek jelentősebb mennyiséget felvenni vagy akár csak felületükön megkötni, ami a fogyasztó szervezet számára akár toxikus is lehet.

A lehetséges táplálékforrásként szereplő zuzmók esetében más tényezők is okozhatnak problémát, ilyen pl. a speciális zuzmóanyagok csoportja. A zuzmók világában – hasonlóan a növényekéhez – elsődleges és másodlagos molekulák jelenlétéről beszélhetünk. Az elsődleges anyagcseretermékek univerzálisak, a zuzmók világában is ilyenek az aminosavak, a fehérjék, a poliszacharidok, a poliolok, a vitaminok és a karotinoidek. A másodlagos anyagcsere anyagai nem univerzálisak, inkább bizonyos taxonokra specifikusak, csak néhány anyag fordul elő másutt, pl. gombákban, esetleg egyes növényekben is. A másodlagos molekulák igen stabilak, bioszintézisük genetikailag szabályozott, de sokszor függ az adott taxon morfológiájától vagy akár a termőhely sajátosságaitól is.

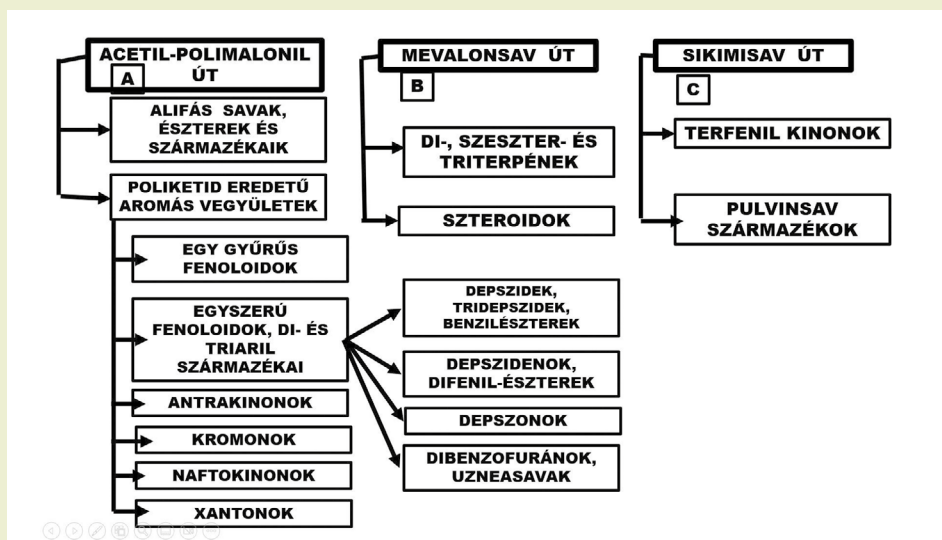
A ZUZMÓK MÁSODLAGOS ANYAGAI

**A másodlagos
zuzmóanyagok
legtöbbször
a zuzmótelep
bélrétegében
lokalizálódnak**

A másodlagos zuzmóanyagok legtöbbször a zuzmótelep bélrétegében (ritkán a kéregben) lokalizálódnak. A zuzmóanyagokra vonatkozó első tudományos összefoglaló 1858-ban jelent meg [18, 19]. A kémiai analitikai és szerkezetkutatási módszerek finomodásával, új és új technikák alkalmazásával rohamosan kezdett nőni a zuzmók ismert másodlagos vegyületeinek a száma. Napjainkra ez több mint ezer [2, 3, 21], s ez a szám tovább növekszik. A zuzmóanyagok csoportosítását a legtöbb szerző bioszintézisükre vezeti vissza, a kérdés tehát az, milyen anyagcsereutakhoz köthető keletkezésük. A bioszintézis szerinti csoportosításukat, néhány fontos példájukat az 5. ábrán mutatjuk be [2, 22]. A ma ismert másodlagos anyagok nagy része az első csoporthoz, azaz a fenoloid-, ill. poliketid-eredetű molekulákhoz sorolható. A szintéziséhez szükséges szénatomokat a fotobionta-partner autotróf anyagcseréje szolgáltatja és juttatja el mikobionta partneréhez. A másodlagos molekulák egyik legfontosabb funkciója a védekezés, a növényevők, különösen a növényevő gerinctelenek ellen. Szá-

5. ÁBRA. A másodlagos zuzmóanyagok, bioszintézisük három fő iránya (A: acetylmalonil út; B: mevalonsav út; C: sikimisav út) szerinti csoportosításban [2, 22]

FIGURE 5. Secondary lichen substances in the grouping according to their three main biosynthetic ways (A: acetylmalonyl way; B: mevalonic acid way; C: shikimic acid way) [2, 22]



mos zuzmóanyag a fogyasztó gerinctelenek lassabb növekedését okozza. Más vegyületek, a zuzmók felső kéregrétegében a beérkező fényenergiát csökkentik. A karotinoidok pl. kettős szerepűek, hiszen a fotoszintézisben járulékos festékként segítenek, ugyanakkor védenek az UV sugárzás fotó-oxidatív hatásától. Az erős napsugárzásnak kitett *Xanthoria* zuzmó közel háromszor annyi karotinoidot tartalmaz, mint az árnyékos helyen élő [23].

ZUZMÓMÉRGEZÉSEK – MÉRGEZŐ ZUZMÓANYAGOK

Az USA-ban több esetben is leírtak tömeges zuzmómérgezést vadon élő állatokban

Az első, publikált állati zuzmómérgezés az 1930-as évek végén, az észak-amerikai Sziklás-hegységben fordult elő. A szóban forgó területen, a szarvasmarhákat és juhokat érintő mérgezésről BEATH számolt be 1939-ben és okként az adott területen nagy számban élő, mai néven *Xanthoparmelia chlorochroa* zuzmófajt jelölte meg [24]. Hosszú időn át nem közöltek újabb zuzmómérgezéses esetet. 2004 február-márciusában azonban tömeges mérgezés történt Wyoming állam délkeleti részében, egy speciális vadgazdasági területen (Red Rim Wildlife Habitat Management Area). 2003–2004 telén tömeges gímszarvaselhullást tapasztaltak [25]. A jelzett időben kb. 800 szarvas mozgott az adott területen. Itt már évek óta igen száraz viszonyok uralkodtak, a terület többé-kevésbé túllegeltetett is volt. 2004. február elején két élő, de elfekvő állat került be a területről az állami állatorvosi laboratóriumba. Ezt követően további, igen rossz állapotú állatokat találtak, először 7, majd 60 ilyen esetet tapasztaltak. Az érintett állatok gyengesége nőtt, de láztalanok voltak, normál pulzus- és légzésszámmal. A vérévizsgálatok a 12 állat mindegyikénél emelkedett szérumkreatin kináz-aktivitást mértek, két állat esetében nagyobb szérum-laktátdehidrogenáz és aszpartát-aminotranszferáz aktivitás is megfigyelhető volt. A szérumalbumin- és a kalciumion-értékek a legtöbb állatban csökkentek. Az állatokból gyűjtött vizeletminták csak egy esetben tartalmaztak vérvomokat. A laboratóriumi vizsgálatok egyébként kizárták ismert bakteriális, vírus- vagy parazitafertőzések lehetőségét, ill. sok, ismert toxin hatását is. Az izomszövetminták kórszövet-tani vizsgálatai akut, degeneratív myopathiát mutattak ki. Az érintett állatoknál különböző kezeléseket alkalmaztak, egyeseknél A-, B-, D-, E-vitaminokat és szelént, másoknál gyulladáscsökkentő, ill. kortikoszteroid-kezelést adtak. Egyik állat sem reagált a kezelésekre, mert vagy elpusztultak vagy eutanáziát kellett végrehajtani állapotuk rosszabbodása miatt [25]. A bendőtartalmak mikroszkópos vizsgálata során

kiderült, hogy valamennyi állat fogyasztott a területen tömeges *Xanthoparmelia chlorochroa* zuzmófajból. A területről körülbelül 50 kg zuzmót gyűjtöttek és néhány állaton etetési kísérletet végeztek. Két héten át adagolták a zuzmóval kevert lucernaszénát. Először a zuzmós keveréket adták, majd naponta csökkentették a lucerna mennyiségét. A három kísérleti szarvas 1,1–3,6 kg zuzmót fogyasztott naponta. Négy nap után narancs-vörös színű vizeletet észleltek. A 3 állatból kettőnél a gyengeséget és bénulásos tüneteket rögzítették, a tiszta zuzmó fogyasztását követő 7–10. napokon az állatokat elaltatták és patológiai vizsgálatot végeztek rajtuk. Degeneratív myopathiát állapítottak meg, amely megegyezett az állományban megfigyelt állatokban tapasztaltakkal.

Az említett zuzmófaj takarmányalkotóként való biztos szerepéről 1972-ben is beszámoltak, a zuzmót kimutatva a bendőben [26]. A korábban említett szerző (BEATH), arra következtetett, hogy a zuzmókban lévő uzneasav tűnik a mérgező komponensnek, hiszen ezt a zuzmó 1,6 %-ban tartalmazza [5, 23]. A toxikózisban fontos szerepe lehet tehát e vegyületnek, bár más anyagok esetleges szerepét sem lehet egyértelműen kizárni. Érdekes, hogy minden érintett állat esetében a járással nem összefüggő vázizmok, ill. a szívizomzat sem volt érintett az izomkárosodásban. A vizelet színeződése nem függött össze a myopathiával, nem találtak veseelváltozásokat egy állatban sem, és a vizeletvizsgálat adatai sem utaltak nephroszra [23]. Irodalmi adatok jelzik azt, hogy a navahó indiánok az adott zuzmót vörös festékforrásként alkalmazták [27].

A wyomingi eset kapcsán 2004. január 26. és február 8. között 327 állat pusztult el, a becsült összes veszteség 400 és 500 állat között lehetett. A legtöbb érintett állat (84%) nőstény volt, és csak 31 borjú volt az elpusztultak között. A tömeges mérgezés területén élő más állatfajok (villásszarvú antilop, öszvérszarvas) nem voltak érintettek. Bár ugyanott élt néhány ló és szarvasmarha is, a szerzők nem találtak nyomát annak (pl. patanyomok, ürülék maradványok a zuzmótelepen), hogy fogyasztottak volna a zuzmóból. A *Xanthoparmelia chlorochroa* zuzmófaj mérgező hatását illetően DAILEY és mtsai juhokkal végeztek etetési modellkísérleteket [28]. A zuzmók különböző termőhelyeiről gyűjtött mintáit lucernaszénával keverve adták az anyajuhok számára, majd naponta növelték a zuzmó arányát, a 10. napon már tiszta zuzmót fogyasztottak az állatok, egészen a 21. napig (3–3 állat). A legerősebb klinikai tüneteket mutató állatcsoportnál először a vörös vizelet, majd egyéb tünetek jelentkeztek. Lokomotoros rendellenességek – különösen a reggeli órákban – fejlődtek ki gyorsan két állatnál, beleértve a merev lábú, nyúlszerű, ugráló járást, a kerítés darabokra való támaszkodást. Minden kísérleti állatnál emelkedett kreatinkináz-aktivitást mértek. Valamennyi vizeletminta vörös színű volt, de mentes hemoglobintól és myoglobintól. Az említett tüneteket mutató állatok izomszöveteinek változásai csak a vázizomokra terjedtek ki. Az etetési kísérletek során az állatok inkoordinációja inkább izom-, mint idegrendszeri eredetűnek látszott.

DAILEY és mtsai egy másik kísérletben a juhoknak tiszta uzneasavat adagoltak [29]. Az adott dózisú uzneasavat melaszos szuszpenzió formájában juttatták a lucernaszénára, az így kezelt takarmányadagokat 7 napig kapták az állatok. Az uzneasavadagok hatása erősen megnövekedett a negyedik-ötödik napon, mindkét állat fokozatosan súlyosbodó tüneteket (hasi diszkomfort, letargia) mutattak, az egyik a hatodik, a másik a hetedik napon pusztult el. Mindkét állatnál extrém nagy LDH- (tejsav-dehidrogenáz), AST- (aszpartát-aminotranszferáz) és kreatinkináz-aktivitások voltak mérhetőek a negyedik-ötödik napokon, a hatodik napon nagy, de már csökkenő értéket tapasztaltak. Az egyes izmok kórszöveti vizsgálatakor különböző vázizomelfajulásokat, -károsodásokat találtak. Úgy tűnik tehát, hogy az uzneasav jelentős dózisa – időben növekvő módon – izomdegenerációt okoz már néhány nap alatt is. E magyarázatot a három enzim növekvő aktivitása is alátámasztotta.

Az elhullott állatokban megfigyelt vázizomkárosodásért a zuzmók uzneasavkomponense tehető felelőssé

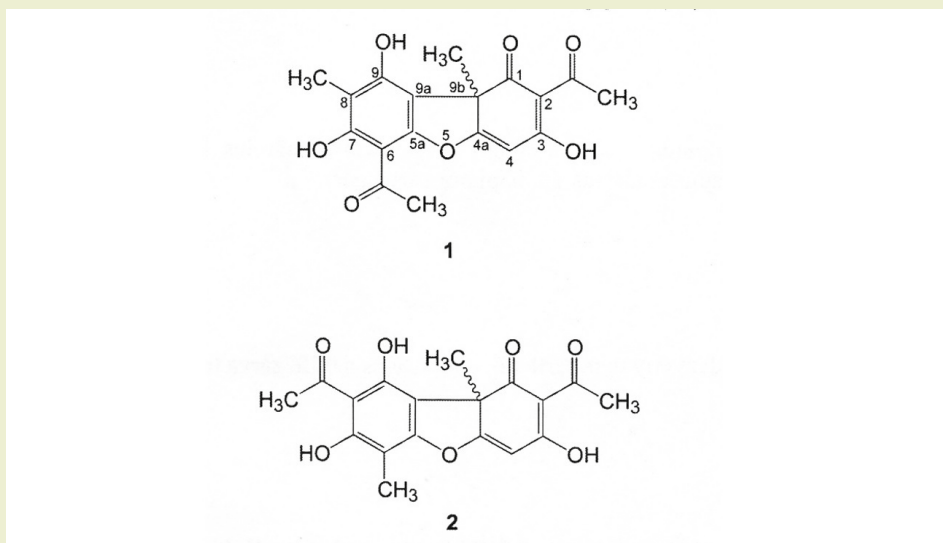
MÉRGEZŐ ZUZMÓALKOTÓK

1. UZNEASAV

Az uzneasavat, mint a zuzmóvilág gyakori másodlagos anyagcseretermékét, először 1844-ben írták le [30]. A molekula egy dibenzo-furandion származék, összegképlete $C_{18}H_{16}O_7$, szerkezetét a 6. ábra mutatja be (6. ábra 1), a molekula teljes neve: 2,6-diacetil-7,9-dihidroxi-8,9b-dimetildibenzo[*b,d*]furán-1,3(2*H*,9*bH*)-dion. Az uzneasav sárga, kristályos vegyület, amely a zuzmótelepek kéregrétegében fordul elő. Két enantiomer formája van, (+) és (-), amit a 9b pozícióban lévő metilcsoport helyzete határoz meg. További természetes izomer az izouzneasav (6. ábra 2), ahol az A gyűrű szubsztitúciós szerkezete különbözik [31]. A molekula három OH-csoportja

6. ÁBRA. Az uzneasav kémiai szerkezete (uzneasav: 1; izouzneasav: 2)

FIGURE 6. Chemical structure of usnic acid (1: usnic acid; 2: isousnic acid)



közül a harmadik pozícióban lévő a legerősebb savas karakterű (a keto-csoport induktív hatása nyomán), a hetedik és a kilencedik pozícióban lévő OH-csoportok kevésbé savasak [31]. Molekulánk erősen lipofil, semleges és anionos formában is, ennek következménye, hogy a molekula biokémiai „szétkapcsolóként” működhet, hasonlóan a közismert 2,4-dinitro-fenol ilyen hatásához [32]. Az uzneasav passzív diffúzióval jut át a mitokondrium belső membránján a mátrixba, ahol ionizálódva proton szabadul fel. Végül is protongradiens alakul ki a belső membránon és ez szétkapcsolja az elektrontranszportot és az energiatermelést. Ez a jelenség – amelyet sok *in vitro* vizsgálat igazol – játszhat főszerepet a molekula májkárosító hatásában [32]. MOREIRA és mtsai állatkísérletekben igazolták, hogy az uzneasav hatása 2,5 μ M koncentrációig főleg szétkapcsolóként érvényesül a májsejtekben [33]. Nagyobb koncentrációk esetén további anyagcserehatások, komplikációk léphetnek fel. Az uzneasav egyébként széleskörben kimutatható a zuzmóvilágban, sok nemzetség fajaiban (*Cladonia*, *Lecanora*, *Usnea*, *Parmelia*, *Evernia*) fordul elő.

Az uzneasav emberben bőrirritációt, kontakt dermatitist vagy a kötőhártya-iritációt, -gyulladást okoz

Az uzneasav emberre gyakorolt hatása a bőrön kifejtett irritációban, kontakt dermatitiszben vagy a kötőhártya irritációjában, gyulladásában ismert (erdei munkások, favágók esetei). Érzékenység is kialakulhat az emberben e vegyületekre, hiszen sokféle kozmetikai termék (parfümök, izzadásgátlók, napvédő termékek) tartalmaz uzneasavat, ill. általában zuzmókat.

Az uzneasav egyes humán táplálékkiegészítő készítmények alkotórésze [33], mert a testtömeg csökkenését idézi elő. Egy esetbeszámoló tárgyalja pl. a 28 éves testépítő hölgy esetét, aki többféle táplálékkiegészítő és zsírégető készítményt szedett, amely készítmények tablettánként 4 és 12 mg uzneasavat is tartalmaztak [34]. Az egyébként egészséges páciens állapota a készítmények egyhónapos

A bendő mikrobiótája képes lebontani jelentős uzneasav-adagokat is

szedése után igen gyorsan romlott, kimerült lett, nem tudta gyakorlatait végezni, rossz közérzete volt és a sárgaság tünetei jelentkeztek. A vérvizsgálat paraméterei szinte minden esetben igen magas értékeket mutattak (bilirubin, enzimaktivitások stb.). Az illetőn májátültetést végeztek, az eltávolított májrészlet súlyos elhalást és parenchyma-kollapszust mutatott [34].

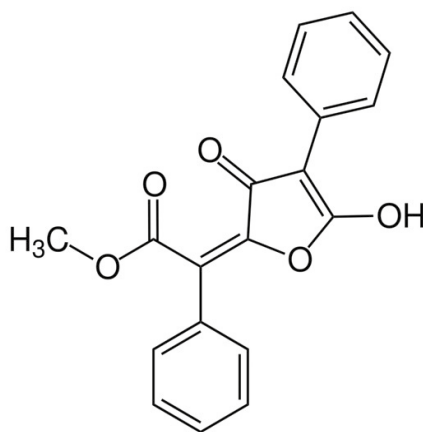
A növényevő állatokon (rénszarvasok, juh és szarvasok) tett megfigyelések, ill. etetési kísérletek szerint a nagy dózisú uzneasav jellegzetes (lásd korábban), akár halálos végű megbetegedéseket (ataxia, végtagbénulások stb.) okoz. Klasszikus toxikológiai adatok jelzik, hogy a 10 mg/ttkg dózissal kezelt macskák anyagcseréje felgyorsult, amit a hyperventilláció, a nagyobb oxigénfelvétel, a testhőmérséklet emelkedése mutatott [31]. A molekula LD₅₀-értéke egérben 25 mg/ttkg, patkányban és nyúlban 30 mg/ttkg, míg kutyában 40 mg/ttkg [31]. A rénszarvasok esetében, ahol a zuzmófogyasztás szinte rendszeresnek mondható, részletesebben vizsgálták az uzneasav és a bendő baktériumflórájának viszonyát. SUNDSET és mtsai új baktériumot izoláltak a bendőből (*Eubacterium rangiferina*), amely az uzneasav (sőt néhány más zuzmóanyag) jelenlétében is nőni és működni képes [35]. Az idézett szerző munkacsoportja etetési kísérletében a hím gímszarvasok három héten át fogyasztották *ad libitum* a kontroll tápanyagot, majd a *Cladonia stellaris* zuzmófaj volt a kísérleti takarmány 4 héten át (9,1 mg uzneasav/g szárazanyag). Az állatok számított uzneasavfelvétele 91–117 mg/ttkg volt naponta. Mindezek ellenére sem az uzneasavat, sem származékait nem találták sem a bendőfolyadékban, sem a vizeletben vagy a bélsárban. A kísérlet eredménye azt jelzi, hogy a felvett, jelentős uzneasavadagot gyorsan és teljesen lebontja a bendő mikroorganizmus-közössége [36].

2. VULPINSAV ÉS A FARKASZUZMÓ

Ezt a másodlagos zuzmóanyagot 1925-ben izolálták, a sárga színű molekula a pulvinsav észterszármazéka, amely eredendően a fenilalanin és a tirozin aromás aminosavakból származtatható (7. ábra). A pulvinsav mérgező hatása a húsevő emlősökre, ill. rovarokra és puhatestűekre, de nincs ilyen hatása a nyúlra és az egérre [37].

7. ÁBRA. A vulpinsav molekulája

FIGURE 7. Molecule of the vulpinic acid



A farkaszuzmó (*Letharia vulpina*) néhány (2–7) centiméteres, sárgás-zöldes színű, elágazó faj, amely a természetben túlevelű és lombos fák kérgén, ill. faanyagán, kezeletlen fából készült faházakon, zsindelyeken, kerítésoszlopokon fordul elő, főleg Észak-Amerikában, de megtalálható Észak- és Dél-Európa hegyvidékein,

Vulpisavat tartalmazó farkaszuzmót használtak farkasok és rókák mérgezésére

a Kaukázusban, a Krím félszigeten, sőt Észak-Afrikában is. Ma már Európában többnyire ritka, veszélyeztetett faj. A zuzmófaj tudományos története LINNÉ névadásával kezdődik. 1751-ben írta le a fajt, megjegyezve, hogy e zuzmót gyapjúruhák sárga festésére alkalmazzák. A zuzmó használatának gyökeresen más lehetőségéről árulkodik a Skandináv félsziget néprajzi múltja és a faj etnográfiai eredetű elnevezése. A zuzmó mérgezőszerként való hasznosítása főként a Skandináv félsziget középső részére és Észak-Kaliforniára vezethető vissza [38]. Az acsomavi vadászok nyílméregként alkalmazták mókusok elejtésére. Uppsalában JOHANNES SCHEFFERUS (1626–1679) számolt be a zuzmó rókák elleni használatáról. Egy dán botanikus (JORGEN TYGE HOLM) jó 100 évvel később tájékoztatta LINNÉT, hogy a norvég vadászok porrá törik a zuzmót, majd egy rénszarvastetemre helyezve megfagyasztják, így készítve csalétket a farkasok (rókák) számára. Sokféle néprajzi megfigyelés és publikáció nyomán CARL SANTESSON toxikológus foglalkozott behatóan a kérdéssel [39]. A farkaszuzmó hatóanyaga a 6–12 %-os mennyiségben jelenlévő szagtalan, íztelen vulpinsav. A vulpinsav toxicitását vizsgálva különböző állatfajokra megállapították, hogy a macskák sokkal érzékenyebbek, mint más fajok (béka, egér, nyúl). A ragadozók általában érzékenyebbek, míg a rágcsálók és pl a sün. nagyobb dózisoknak is ellenáll. A macskának adott 30 mg/ttkg adag már letális volt. Összegezve a farkaszuzmó toxicitásának irodalmát: történeti és néprajzi adatok igazolják a farkas (róka) elleni csalétként játszott szerepét; a vulpinsav toxikus volta kétségtelen.

3. MIKROCISZTINEK

Egyes zuzmótaxonok – fotoszintetikus partnereik révén – olyan toxinokat is képesek szintetizálni, amelyek korábban, önállóan élő cianobaktériumok nyomán váltak ismertté. Ilyenek a mikrocisztinek, amelyek bemutatását a szabadon élő partnereikkel kapcsolatos ismeretek áttekintésével kell kezdenünk.

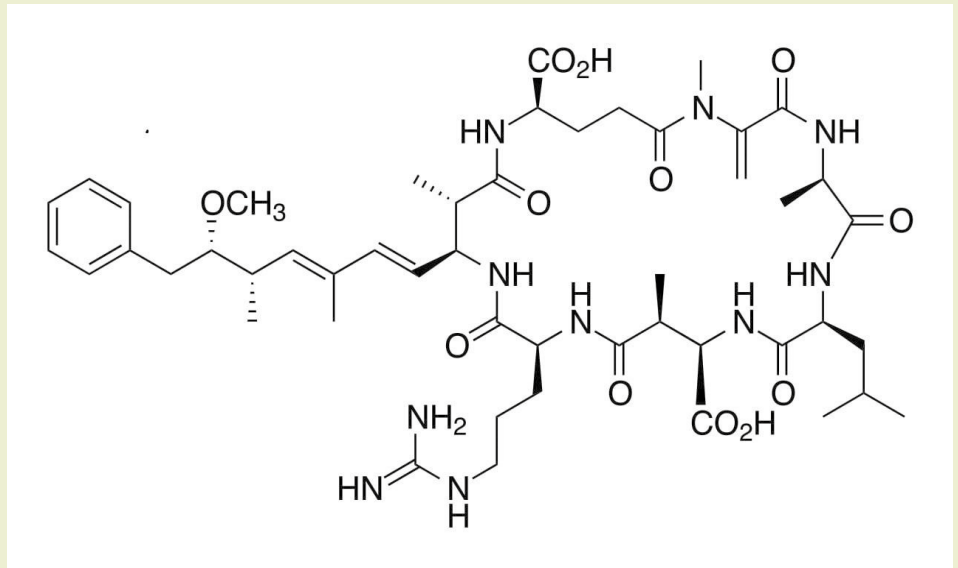
A szabadon élő cianobaktériumok mikrocisztin-termelése

A mikrocisztin-vegyületsoprotot termelő cianobaktériumok (kéalgák) a különböző vizek néhol tömeges fajai. Lehetséges mérgező hatásukra vonatkozó első adatok egy kínai hadvezértől származnak, aki a „színes vizet” ivó katonák mérgezéséről számolt be egy dél-kínai folyó mellől. Az első tudományos publikáció 1878-ban jelent meg és egy ausztrál tó melletti mérgezésről tudósított. A múlt század végén sok tudományos vizsgálat írta le egyes cianobaktérium-nemzetiségek (*Anabaena*, *Microcystis*, *Oscillatoria*, *Nostoc*) hatóanyagait. A mikrocisztinek ciklikus hepta-peptidek csoportjába tartozó, viszonylag kis molekulák (8. ábra) [40]. A lineáris molekulák az egyes aminosavak N- és C-terminálisainak kondenzációival képeznek ciklikus szerkezetet. A heptapeptideket alkotó aminosavak között szokatlan szerkezetű, nem fehérjealkotó aminosavakat is találunk. Ilyen pl. az adda, a 3-amino-9-metoxi-2,6,8-trimetil-10-fenil-4,6-diénessav [41]. A ciklikus peptidek molekulatömege 1000 Dalton körüli, vízdékonyak és általában nem képesek áthatolni a sejtmembránokon: felvételük speciális szállítóvegyületeket igényel. A mikrocisztinek igen stabilak vizes oldatban, a molekulák féléletideje 3 hét, pH = 1-nél, és 40 °C-on, forralás és mikrohullámú kezelés hatására sem bomlanak le. A ma ismert mikrocisztinek száma százas nagyságrendű. A vegyületek mérgező hatásának alapja, hogy gátolni képesek egy kulcsenzim, a szerin/treonin-proteinfoszfatazok különböző típusait [40]. A gerincesek testében a mikrocisztinek főként a májsejtekben halmozódnak fel, ami végül is a sejtszerkezet irreverzibilis károsodásait okozza. Felborul a sejtek normális oxidáns/antioxidáns aránya, ami végül a DNS-károsodáshoz, ill. a sejt pusztulásához vezet. A mikrocisztinek más állati szervekben: a vesében, a szívben, az ivarmirigyekben, sőt az izomzatban is felhalmozódhatnak, mind gerinces, mind gerinctelen állatok esetén. A gerinceseknél a hepatotoxikus LD₅₀-érték fajtól függően 50 és 300 µg/ttkg közötti.

A cianobaktériumok által termelt rendkívül stabil mikrocisztinek kifejezett májkárosító hatásúak

8. ÁBRA. A mikrocisztin LR ciklikus peptid kémiai szerkezete

FIGURE 8. Chemical structure of the cyclic peptide microcystin LR



Mikrocisztinek okozta humán mérgezések viszonylag ritkán fordulnak elő, bár pl. Braziliában (Curuaru városában) 50 páciens halt meg neuro- és hepatotoxikus tüneteket mutatva [38].

Állatkísérletekben a mikrocisztinek elsősorban hepatotoxikus ágensként működnek, egérrel végzett kísérletekben akár már 20 perc után jelentkezik ilyen hatásuk, néhány óra után a májsejtek elpusztulnak, a toxinok hosszútávú, krónikus májkárosodást okozhatnak, ilyenkor már karcinogénnek is bizonyultak. A haszonállatok esetében tapasztalt tünetek: hasmenés, hányás, gyengeség, elfekvés és sok esetben halál.

A zuzmótársulások mikrocisztinjei

A zuzmók 13%-ánál állapították meg, hogy fotobiontái cianotoxinokat állítanak elő. A leggyakoribb ilyen cianobaktériumok a *Nostoc* nemzetséghez sorolhatók [41, 42]. KAASALAINEN és mtsai négy kontinensről származó, 803 zuzmómintát teszteltek a mikrocisztin szintéziséért felelős enzimkomplex génszakaszára nézve [43]. A vizsgálatok során a minták 12%-ából mutatták ki a keresett enzimek génszakaszát vagy magukat a mikrocisztineket. Eddig 50 új, ismeretlen vagy alig ismert mikrocisztin-típust találtak [43]. Pozitív eredményt egyébként a skóciai minták 58%-ában, a norvég minták 30%-ában, az oregoni minták 21%-ában találtak. A finn kutatócsoport eredményeiből az is következik, hogy a cianobaktérium-komponens toxikus heptapeptidjeinek termelése globális jelenség és sok zuzmópopulációban fordul (vagy fordulhat) elő. A cianotoxinok azonosított szerkezeti típusai arra utalnak, hogy a zuzmó-életközösség fontos tere lehet a cianobaktériumok diverzifikációjának.

Az említettek gyakorlati jelentősége az, hogy a zuzmók nemcsak gombaalkotójuk, hanem fotoszintetikus partnerük mérgező terméke révén is jelenthetnek, okozhatnak toxikológiai problémát az őket fogyasztó vadonélő vagy haszonállatok számára.

EGYÉB TOXIKÓZISOK LEHETŐSÉGEI A ZUZMÓK KÖRÉBEN

Korábban említettük, hogy bizonyos zuzmótaxonok jó bioindikátorként használhatók, különösen a levegő tisztaságának vagy éppen szennyezettségének a jelzésére. A zuzmók lassú növekedésük, nagy felületük és jelentős tűrőképességük mellett kitettek lehetnek különböző ásványi elemek, akár a nehézfémek jelentős

**A zuzmók
13%-ánál
állapították meg,
hogy fotobiontái
mikrocisztineket
állítanak elő**

mértékű hatásainak is. A nagy koncentrációban egyébként káros nehézfémeket képesek számukra inaktív állapotban felhalmozni telepükben.

A végzett mérések szerint pl. a közép-skandináviai, réztartalmú, pirites kőzeten élő zuzmók 5%-ban halmoztak fel rezet vagy a *Lecanora polytropa* faj 1,35% rezet akkumulál, amelynek 50%-a kicserélhető formában volt jelen [44]. A zuzmók nehézfém-felhalmozása dinamikus folyamat. A különböző fémtartalmú oldatokba merített zuzmók gyorsan akkumulálják a fémeket, ez a folyamat főként fiziko-kémiai jellegű, amit több faktor, így főként a pH és a hőmérséklet erősen befolyásolhat. A pH savanyodása és a magasabb hőmérséklet gyorsítja az anyagok felvételét. A bejutó elemek legtöbbször kationokként kötődnek a sejtfalakhoz, ami főként karboxil- és foszfát-csoportok révén történik. A fémek kötése rendszerint együtt jár protonok felszabadulásával.

Témánk, azaz a mérgező zuzmók szempontjából előállhat olyan helyzet, hogy a zuzmópopulációk, valamilyen környezeti okra visszavezethetően, adott elemből jelentős mennyiséget vesznek fel, ill. tartalmazznak, így, ha azt az állatok takarmányként hasznosítják, akár toxikózis is történhet.

Korunk drámaian változó klimatikus viszonyai között olyan takarmányhiányok is felléphetnek, amikor a nagy tűrőképességű zuzmók helyi jelentősége felértékelődik. Számíthatunk arra is, hogy egyes zuzmótaxonok cianobaktérium-komponensei májkárosító mikrocisztinek termelése révén válhatnak ki toxikózisokat.

IRODALOM

- Hawksworth DL, Grube M (2020) Lichens redefined as complex ecosystems. *New Case Study from Malaysia. Sustainability* 14: 7254 doi.org/10.3390/su14127254
- Phytol. 227: 1281–1283 <https://doi.org/10.1111/nph.16630>
- Molnár K (2011) A *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. zuzmófaj populációi depszid- és depszidon-típusú szekunder anyagcseretermékeinek analitikai vizsgálata és molekuláris genetikai elemzése. PhD értekezés, Pécsi Tudományegyetem.
- Farkas E (2007) Lichenológia – a zuzmók tudománya. MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót, pp. 193.
- Spribile T, Tuovinen V, Res P, Vanderpool D, Wolinski H, Alme CM, Schneider K, Stabentheiner E, Heller MT, Thor G, Mayrhofer H, Johannessen H, McCutcheon JP (2016) Basidiomycetes yeasts in the cortex of ascomycota macrolichens. *Science* 353:488–492 <https://doi.org/10.1126/science.aaf8287>
- Zhao Y, Wang M, Xu B (2021) A comprehensive review on secondary metabolites and health-promoting effects of edible lichen. *J Funct Foods* 80:104283 <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104283>
- Dubay SA, Hayward GD, Del Rio CM (2008) Nutritional value and diet preference of arboreal lichens and hypogeous fungi for small mammals in the Rocky Mountains. *Can J Zool* 86:851–862 <https://doi.org/10.1139/Z08-054>
- Elkhateeb WA, Daba GM (2020) Lichens – masters of extraordinary symbiosis with potent pharmaceuticals. *Egypt Pharm J* 19:197–201 https://doi.org/10.4103/epj.epj_11_20
- Gautam AK, Yadav D, Bhgyawant SS, Sing PK, Jin JO (2021) Lichen: A comprehensive review on Lichens as natural sources exploring nutritional and biopharmaceutical benefits. *Progr Nutr* 23: e2021153 <https://doi.org/10.23751/pn.v23i3.9833>
- Yang MX, Derkota S, Wang LS, Schneidegger C (2021) Ethnolichenology – The use of Lichens in the Himalayas and Southwestern Parts of China. *Diversity* 13: 330. doi.org/10.3390/d13070330
- Abas A, Aiyub K, Awang A (2022) Biomonitoring Potentially Toxic Elements (PTEs) Using Lichen Transplant *Usnea misaminensis*: A
- Schmull M, Brown DL (2009) *Pseudovernia furfuracea*, the mummy's lichen at the Farlow Herbarium. *Opuscula Philolichenum* 6:45–50
- Shukla P, Upreti DK, Nayaka S, Tiwari P (2014) Natural dyes from Himalayan lichens. *Ind J Trad Knowl* 13:195–201
- Illana-Esteban C (2016) Lichen used in perfumery. *Bol Soc Micol Madr* 40:217–223.
- Furmanek L, Czarnota P, Seaward MRD (2022) A review of the potential of lichen substances as antifungal agents: the effects of extracts and lichen secondary metabolites on *Fusarium* fungi. *Arch Microbiol* 204:523 <https://doi.org/10.1007/s00203-022-03104-4>.
- Glew RS, Vanderjagt DJ, Chuang LT, Huang YS, Millson, M, Glew RH (2005) Nutrient content of four edible wild plants from West-Africa. *Plant Foods Hum Nutr* 60:187–193 <https://doi.org/10.1007/s11130-005-8616-0>
- Olafsdottir ES, Ingolfsdottir K (2001) Polysaccharides from Lichens: Structural Characteristics and Biological Activity. *Planta Med* 67:199–208 <https://doi.org/10.1055/s-2001-12012>
- Akbulut G, Yildiz A (2010) An Overview to Lichens: The Nutrient Composition of Some Species. *Kafkas Üniv Fen Bil Enst Derg* 3:79–86
- Gmelin L (1858) *Handbuch der organischen Chemie*, Vol. V. 94–97
- Zopf W (1907) *Die Flechtenstoffe in chemischer, botanischer, pharmakologischer und technischer Beziehung*. G. Fischer Verlag, Jena pp. 449
- Cocchietto M, Skert N, Nimis PL, Sava G (2002) A review of usnic acid, an interesting natural compound. *Naturwissenschaften* 89:137–146 <https://doi.org/10.1007/s00114-002-0305-3>
- Molnár K, Farkas E (2010) Current results on Biological Activities of Lichen Secondary Metabolites: A Review. *Z Naturforsch C J Biosci* 65:157–173 <https://doi.org/10.1515/znc-2010-3-401>

23. Elix JA, Stocker-Wörgötter E (2008) Biochemistry and secondary metabolites. In: Nash TH (ed.) Lichen Biology second edition, Cambridge University Press, 104–133
24. Bhattacharyya S, Rani Deep R, Singh S, Nayak B (2016) Lichen Secondary Metabolites and Its Biological Activity. American J. of Pharmtech Research 6:28–44
25. Beath OA (1939) Poisonous plants and livestock poisoning. Wyoming Agricultural Experiment Station Bulletin 231:49–53
26. Cook WE, Raisbeck MF, Cornish TE, Williams ES, Brown B, Hiatt G, Kreeger TJ (2007) Paresis and Death in Elk (*Cervus elaphus*) Due to Lichen intoxication in Wyoming. J Wildl Dis 43:498–503 <https://doi.org/10.7589/0090-3558-43.3.498>
27. Marcum CI (1980) Summer fall food habits and forage preferences of a western Montana elk herd. In: North American elk: Ecology, behavior and management. Boyce MD, Hayden-Wang LD (eds.). University of Wyoming, Laramie, Wyoming, pp. 54–62.
28. Brodo IM, Sharnhoff SD, Sharnhoff S (2001) *Xanthoparmelia chlorochroa*. In: Lichens of North America, Yale University Press, New Heavens and London pp. 795
29. Dailey R, Montgomery DL, Ingram JT, Siemion R, Raisbeck MF (2008) Experimental reproduction of tumbleweed shield lichen (*Xanthoparmelia chlorochroa*) poisoning in a domestic sheep model. J Vet Diagn Invest 20:760–765 <https://doi.org/10.1177/104063870802000607>
30. Dailey R, Montgomery DL, Ingram JT, Siemion R, Vasquez M, Raisbeck MF (2008) Toxicity of the Lichen Secondary Metabolite (+)-Usnic Acid in Domestic Sheep. Vet Pathol 45:19–25 <https://doi.org/10.1354/vp.45-1-19>
31. Knop W (1844) Chemisch-physiologische Untersuchung über die Flechten. Annalen der Chemie und Pharmazie 49:103–124
32. Ingoldsdottir K (2002) Usnic acid. Phytochemistry 61:729–736 [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(02\)00383-7](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(02)00383-7)
33. Guo L, Shi Q, Fang JL, Mei N, Ali AA, Lewis SM, Leakey JEA, Frankos VH (2008) Review of Usnic Acid and *Usnea barbata* Toxicity. J Environ Sci Health C Environ Carcinog Ecotoxicol Rev 26:317–338 <https://doi.org/10.1080/10590500802533392>
34. Moreira CT, Oliveira AL, Comar JF, Peralta RM, Bracht A (2013) Harmful effects of usnic acid on hepatic metabolism. Chem Biol Interact 203:502–511 <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2013.02.001>
35. Krishna YR, Mittal V, Grewal P, Fiel M, Schiano T (2011) Acute liver failure caused by far burners and dietary supplements: A case report and literature review. Can J Gastroenterol 25:157–160 <https://doi.org/10.1155/2011/174978>
36. Sundset MA, Kohn A, Mathiesen SV, Praesteng KE (2008) *Eubacterium rangiferina*, a novel usnic acid resistant bacterium from reindeer rumen. Naturwissenschaften 95:741–749 <https://doi.org/10.1007/s00114-008-0381-0>
37. Sundset, MA, Barboza PS, Green TK, Folkow LP, Blix AS, Mathiesen SD (2010) Microbial degradation of usnic acid in the reindeer rumen. Naturwissenschaften 97:273–278 <https://doi.org/10.1007/s00114-009-0639-1>
38. Sachin MB, Mahalakshmi TR, Kekuda TRP (2018) Insecticidal efficacy of lichens and their metabolites – A mini review. J of Applied Pharmaceutical Science 8:159–164
39. Svanberg I, Stahlberg S (2017) Killing wolves with lichen. Wolf Lichen *Letharia vulpina* (L.) Hue, in Scandinavian Folk Biology. Swedish Dialects and Folk Traditions 140:173–187
40. Santesson CG (1939) Einiges über die giftige Fuchs- oder Wolfsflechte (*Letharia vulpina* (L.) Vain.). Acta Soc Med Ups 45:1–8
41. Vasas G (2014) Algavirágzások környezetterhelése és toxinjainak variabilitása. MTA doktori értekezés, Debreceni Egyetem, pp. 195.
42. Du X, Liu H, Yuan L, Ma Y, Wang R, Chen X, Losiewicz MD, Guo H, Zhang H (2019) The Diversity of Cyanobacterial Toxins on Structural Characterization, Distribution and Identification: A Systematic Review. Toxins 11:530 <https://doi.org/10.3390/toxins11090530>
43. Kaasalainen U, Jokela J, Fewer DP, Sivonen K, Rikkinen J (2009) Microcystin Production in the Tripartite Cyanolichen *Peltigera leucophlebia*. Mol Plant Microbe Interact 22:695–702 <https://doi.org/10.1094/MPMI-22-6-0695>
44. Kaasalainen U, Fewer DP, Jokela J, Wahlstein, M, Sivonen K, Rikkinen J (2012) Cyanobacteria produce a high variety of hepatotoxic peptides in lichen symbiosis. Proc Natl Acad Sci 109:5886–5891 <https://doi.org/10.1073/pnas.1200279109>
45. Backor M, Loppi S (2009) Interaction of lichens with heavy metals. Biol Plant 52:214–222 <https://doi.org/10.1007/s10535-009-0042-y>

Közlésre érk.: 2023. jan. 11.

Élelmiszer-higiéniá Állategészségügyi Igazgatás

A szekcióban 3 előadást jelentettek be és tartottak meg 2023. január 30-án a Tolnay Sándor teremben. A szekció elnökei ÓZSVÁRI LÁSZLÓ, NAGY ATTILA és SÜTH MIKLÓS voltak.

Elsőként CSIKORNÉ VÁSÁRHELYI HELGA, TATÁR ZSUZSANNA és NAGY ATTILA előadásukban beszámoltak a *Nem célzott analitikai vizsgálatok hatásági alkalmazásának lehetőségeiről az élelmiszerek eredetiségének vizsgálatára*. A nem célzott analitikai módszerek (Non Targeted Methods, NTM) ismertetésekor kiemelték, hogy a hagyományos módszerektől eltérően a vizsgált minta „ujjlenyomatát” használják az eredetiség vizsgálatában az összehasonlítás alapjaként. Az ujjlenyomatban szerepe van az egyes összetevők koncentrációjának, amelyet azok NMR (Nuclear Magnetic Resonance) spektrumából határoznak meg, valamint pl. a termelőhelynek, a gyümölcsfajtának azaz az eredetet meghatározó tényezőknek, amelyeket NTM-vizsgálatokkal lehet jellemezni. A prezentációban megismerhettük a FoodScreene™ alkalmazhatóságát erre a célra egy konkrét vizsgálati eredmény soron borok esetén és annak főkomponens-analízissel végzett statisztikai kiértékelésén keresztül. CSIKORNÉ VÁSÁRHELYI HELGA az előadás végén kiemelte, hogy az NMR-módszerekhez kapcsolódóan a jövőben statisztikailag és jogilag is felmerülő kérdéseket kell még tisztázni, mint pl. az alkalmazott adatbázis megfelelősége és a vizsgált minta hamisságának megítéléséhez szükséges eltérés megadása. Továbbá fontos feladat lesz az adatbázis-struktúra meghatározása definiált tartalmú és egyedi azonosítóval rendelkező, autentikus mintákból, s mind ehhez a jövőben egységes analitikai és kiértékelési módszertant kell kidolgozni.

A második előadásban DARNAY LÍVIA, SZEPESSY ANNA, PATAKI FANNI ANNA, SURÁNYI JÓZSEF, MIKLÓS GABRIELLA, LACZAY PÉTER, SÜTH MIKLÓS prezentációja következett, amelynek témája a *Porlasztva szárított, ill. pasztőrözött tevetejből készült érlelt sajt minőségi jellemzőinek változása a mikrobiális transzglutamináz enzim hatására* volt. Kutatásuknak két fő kérdése, hogy egyfelől készíthető-e félkemény típusú trappista sajt különböző eredetű és feldolgozottságú tevetejből, másfelől, hogy milyen hatása van a különböző kereskedelmi forgalomban kapható mikrobiális transzglutamináz (mTG) enzim készítményeknek (Activa YG, Probind CH) a sajtgyártási technológiára és a kész sajt minőségi paramétereire, különös tekintettel

az esszenciális aminosav-összetételre és az állományjellemzőkre. Előadásukból kiderült, hogy mind porlasztva szárított, mind pasztörizált tevetejből készíthető érlelt sajt, de jelentős különbség van a sajtkihozatalban, az aminosavprofilban és az állományban is. Az alkalmazott mTG enzim szintén hatással volt a vizsgált minőségi jellemzőkre. DARNAY LÍVIA elmondta, hogy a pasztörözött tevetejből Activa YG enzimkészítménnyel készült sajtok bizonyultak a legígéretesebbnek, hiszen ezeknek volt a leginkább szalmasárga színe, legnagyobb esszenciális aminosav-tartalma, valamint a sajtok keménysége megfelelt a tehéntejből készült trappista sajtoktól elvártnak. A tevesajtok esetén érezhető szokatlan sós és ismeretlen mellékízek tompítására egyéb állatfajták tejével kevert sajtok készítése is a jövőbeni terveik közt szerepel.

A szekciót lezáró utolsó előadásban SRÉTERNÉ LANCZ ZSUZSANNA, FIAS KRISZTINA, TÓBER KRISZTINA és TÓTH DÁVID beszámoltak a *Gyorsfagyasztott gyümölcskeverék által okozott Hepatitis A járvány kivizsgálásának tapasztalatairól*. A prezentációban SRÉTERNÉ LANCZ ZSUZSANNA ismertetett egy 2022. júliusi ételmiszer-eredetű megbetegedéssel, amely Magyarországot is érintette, hiszen egy budapesti étterem 13 dolgozójánál és 3

vendégénél több hullámban hepatitis A vírus okozta megbetegedés igazolódott, amit egy addig hazánkban nagyon ritkán észlelt IB genotípusú vírustörzs okozott. Ezt követően hatósági mintavétel történt a zöldségekből, a gyümölcsökből, az ételmiszerrel érintkező felületekről és az ivóvízből. A NÉBIH laboratóriuma a Belgiumból származó, 2,5 kg-os kiszerelésű fagyasztott bogyós gyümölcsmixből hepatitis A vírus RNS-ét mutatta ki. A Nemzeti Népegészségügyi Központ Virologiai Laboratóriumi Osztálya összehasonlította az RNS-izolátumot a betegekben származó mintákkal és azonos, IB szubtypusúnak találta. Az étterem (azonos tételazonosítóval) legalább 4 különböző időpontban vásárolt a gyorsfagyasztott gyümölcskeverékből, amelyet részint hőkezelt, részint hőkezelés nélküli állapotban használt fel hideg gyümölcsleves, turmix, ill. italok készítésére a bárban. Hasonló esetek elkerülése érdekében a vendéglátóhelyen elrendelték a fokozott, virucid hatású fertőtlenítést az egység teljes területére, valamint elrendelték a dolgozók azonnali higiéniai oktatását, akik ezentúl csak akkor vehetik fel a munkát, ha védettségük megfelelő ellenanyagszinttel igazolt.

Darnay Lívia

VAN MÉG MIT MONDANUNK:



LAPOZZON BELE
TOVÁBBI FOLYÓIRATAINKBA IS!

Archív lapszámok és előfizetési információk a www.agrarlapok.hu oldalon.





HUNGAIRY

A TISZTÁBB LEVEGŐJŰ, ÉLHETŐBB VÁROSAINKÉRT



A LIFE IP HUNGAIRY (LIFE17
IPE/HU/000017) projekt az
Európai Unió LIFE programjának
támogatásával valósul meg.



HERMAN OTTÓ
INTÉZET
NONPROFIT KFT.