

MAGYAR ÁLLATORVOSOK LAPJA

Hungarian Veterinary Journal
Vol. 146. No. 4. – Budapest, April 2024
Established by Prof. B. Nádaskay, 1878

SZARVASMARHA

A fény hatása a szarvasmarhák termelésére

A szarvasmarhák légzőszervi
betegségkomplexének klinikai
és labordiagnosztikai vonatkozásai
a telepi állatorvosi gyakorlatban

ÁLLATVÉDELEM

Áramütések okozta madárpusztulások
elemzése állatvédelmi és jogi szempontból

VIROLÓGIA

Poliómavírus első kimutatása
Magyarországra visszatelepített eurázsiai
hód (*Castor fiber*) mintájából

BRDC nyomán kialakult gennyes orrfolyás borjában
(Dr. HEJEL PÉTER felvétele)





HUNGAIRY

A TISZTÁBB LEVEGŐJŰ, ÉLHETŐBB VÁROSAINKÉRT



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



SZARVASMARHA / BOVINE

195. Póti P., Vertséné Zándoki R., Kosztolányiné Szentléleki A., Varga G.: A fény hatása a szarvasmarhák termelésére

Irodalmi összefoglaló

P. Póti, R. Vertséné Zándoki, A. Kosztolányiné Szentléleki, G. Varga:

Effect of light on cattle production parameters

Literature review

215. Sáfár J., Hejel P., Vass-Bognár B., Kiss L., Könyves L.: A szarvasmarhák légzőszervi betegségkomplexének klinikai és labor diagnosztikai vonatkozásai a telepi állatorvosi gyakorlatban

Irodalmi összefoglaló

J. Sáfár, P. Hejel, B. Vass-Bognár, L. Kiss, L. Könyves:

Clinical and laboratory diagnosis of bovine respiratory disease complex (BRDC) under field veterinary conditions

Literature review

ÁLLATVÉDELEM / ANIMAL PROTECTION

231. Máté L. K., Bozsó D., Korsós G., Kiss A., Sudár M., Fodor K.: Áramütések okozta madárpusztulások elemzése állatvédelmi és jogi szempontból

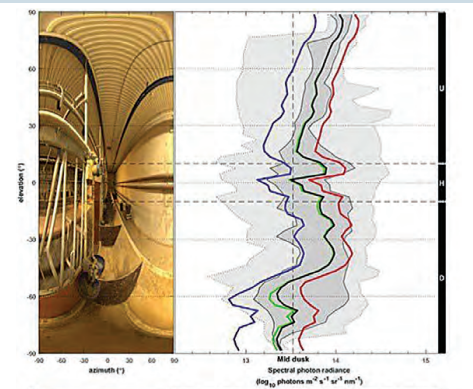
L. Máté, D. Bozsó, G. Korsós, A. Kiss, M. Sudár, K. Fodor:

Analysis of bird mortality caused by electrocutions from an animal welfare and legal perspective

VIROLÓGIA / VIROLOGY

249. Surján A., Vidovszky M. Z.: Poliómavírus első kimutatása Magyarországra visszatelepített eurázsiai hód (Castor fiber) mintájából

A. Surján, M. Z. Vidovszky: First detection of polyomavirus from samples of reintroduced Eurasian beaver (Castor fiber) in Hungary



208. Környezeti fénymérés istállóban



217. Kétoldali gennyes orrfolyás BRDC-ben



234. Áramütött fehér gólya lába



249. Eurázsiai hód (Castor fiber)
VINCZE BÁLINT felvétele

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).

Tartalóm/Contents: Current Contents – Agriculture, Biology & Environmental Sciences (Thomson Reuters)

Ingyenes mutatószám kérés 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>



Hirdetések a Veterinarius első éveiben

A magyar tudományos folyóiratkiadás és az állatorvosi szakterület fejlődésének eredményeképpen 1878. január 1-én megjelent az első hazai állatorvosi szakfolyóirat, a Veterinarius első száma, amely az 1946-os évfolyam 1. számától már a Magyar Állatorvosok Lapja címet viseli. Ez az egyetlen magyar nyelvű, nemzetközileg értékelt hazai állatorvosi szakfolyóirat. Hazánkban ebben az időszakban jelentek meg az üzleti alapon működő napi sajtótermékek, amelyek egy része hirdetésekől származó bevétellel egészítette ki a lapkiadásra fordítható anyagi erőforrásokat. A következőkben a Veterinarius első négy évfolyamán keresztül betekintést kaphatunk abba, milyen részben vagy egészben kereskedelmi célú tartalmak jelentek meg az kiadott szaklapban.

Az új állatorvosi folyóiratban tehát a tudományos és az állatorvosok számára fontos információk mellett – néha megjelentek hirdetések is. A legelső hirdetés a Veterinarius 1. évfolyamának 1. számában jelent meg, mikoris felhívást intéztek az állatorvosok felé, hogy rendeljék meg az újonnan indult lapot. Ezt a felhívást különböző formákban a következő években is sokszor olvashatták a lap előfizetői és olvasói.

A következő lapszámokban jellemzően rejtett hirdetésekkel, mai szemmel nézve termék megjelenítéssel találkozhattak az olvasók. Ez valamely eszköz, gyógyszer leírását és alkalmazási javaslatait, illetve egyes esetekben a beszerzés egy konkrét helyének megírását jelentette, akár az árral együtt. Az 1878. március 1-én megjelent 5. számban a Különfélék c. rovatban bemutatott egy FISCHER PÉTER nevű udvari „műszergyárőrsnál” a Hatvani „utca”-ban kapható újfajta próbafogót lovaknak.

Az indulástól fél évnél kellett eltelnie, hogy FISCHER PÉTER, a kor kiemelkedő pesti műszergyárosa megjelentesse első valódi hirdetését a Veterinarius hasábjain. Ez a hirdetés a műszerész által készített pl. sebészeti állatorvosi műszerekről és egyéb eszközökről szól, részletes árjegyzékkel, amely a megjelenő folyóirat lapszámához csatoltatott (ez a hirdetés látható fent a képen).

1879. december 1-én a következő évre szóló zsebnaptárról olvashattak az érdeklődők: „Állatorvosok Zsebnaptára az 1880. évre a legközelebbi napokban jelent meg csinosan kiállítva. Érdekes tartalma Állategészségügyünk érdekében TORMAY kir. tncsostól; a tudóvész: DR. ZLAMÁL trnrtól.” A naptár egyszerre lehetett része az állatorvos mindennapi munkájának és tartalmazott a szakmához kapcsolódó friss információkat és általános érvényű tényeket, mint a mértékegységek, átváltások stb.

1880. június elsején THANHOFFER LAJOS frissen megjelent német nyelvű mikroszkópról szóló könyvét ajánlották az érdeklődők figyelmébe. Állatorvos szerzők művei és állatorvoslással kapcsolatos szakkönyvek azóta is rendszeresen megjelennek a lap hasábjain.

A Veterinariusban a korai évektől jelentek meg az állatorvostársadalom számára érdekes hirdetések, felhívások a szakmai munkát segítő vagy a mindennapi élethez kapcsolódó témákban, amelyek kiegészültek álláshirdetésekkkel és pályázatokkal is. A lap szakcikkek megjelenetése mellett fontos fóruma a hazai állatorvosi szakmának.

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 Réka

NYOMDAI KIVITELEZÉS:

Séd Nyomda, Szekszárd

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



Effect of light on cattle production parameters

Literature review

P. Póti^{1*}R. Vertséné Zándoki¹A. Kosztolányiné Szentléleki¹G. Varga²

1. Magyar Agrár- és Élettudományi
Egyetem, Állattenyésztési
Tudományok Intézet
Szent István Campus, 2100 Gödöllő,
Páter Károly u. 1.

2. Hegykői Mezőgazdasági Zrt.,
Hegykő

*e-mail: Poti.Peter@uni-mate.hu

A fény hatása a szarvasmarhák termelésére

Irodalmi összefoglaló

Póti Péter^{1*}, Vertséné Zándoki Rita¹, Kosztolányiné Szentléleki Andrea¹, Varga Gábor²

ÖSSZEFOGLALÁS

A fény a legtöbb élőlény számára meghatározó, mert, a látáson kívül, a cirkadián, ill. a cirkannuális ritmus által befolyásolt élettani és viselkedési folyamatokat szabályozza, így hat az állatok egészségi állapotára és teljesítményére is. A szerzők ismertetik a szarvasmarhák fényérzékelését, valamint a fény és a melatonintermelés kapcsolatát. Részletesen taglalják a fotoperiódus összefüggéseit a szaporodással, a növekedéssel, a laktációs tejtermeléssel, az immunfunkciókkal és vérparaméterekkel, valamint a viselkedéssel és állatjólléttel. Értékelik az istálló megvilágítására alkalmazható fényforrásokat, és bemutatják a fény mérésének módszereit is.

SUMMARY

Light is essential for most organisms not only for vision, but also in regulation of physiological and behavioural processes influenced by circadian and circannual rhythms. Hence, the photoperiod has effects on health, well-being and production of animals.

In their study, the authors review the results of Hungarian and foreign researches related to light supplementation in cattle breeding. First, the light perception of cattle and the relationship between light and melatonin synthesis are introduced. Based on large number of literary work, the connection between photoperiod and reproduction, growth, lactation milk production are discussed as well as its relations to immune function, blood parameters, behaviour and welfare. Finally, different light sources applied in barn illumination are characterised and methods of light measurement are also presented.

The authors conclude that application of light supplementation is worth in producing dairy herds. During lactation the long-day photoperiods have favourable effect on milk production, however, at least 6-hour-long dark period is needed every day. Conversely, during dry period the effect of short-day photoperiod was proven to be advantageous. Choosing the appropriate light source is a crucial factor in terms of the required illumination. Longlife, efficient and low-energy light sources, that do not disturb the animals and do not result in adverse behavioural changes are acceptable. LED light is confirmed to be the most adequate in light supplementation in all the mentioned aspects.

SZARVASMARHA

A fény – a látáson kívül – számos biológiai folyamathoz szükséges a legtöbb élő szervezet számára; szabályozza a cirkadián, ill. a cirkannuális ritmus által befolyásolt élettani és viselkedési folyamatokat, így a termelési paraméterekre is hat [1–5]. A fény erőssége, eloszlása, színösszetétele és tartama is hatással van az állatok közérzetére, így viselkedésére és termelésére is. Magyarországon a nappalok hossza az év folyamán 8 és 18 óra között változik évszaktól függően. Kiegészítő megvilágítás alkalmazásával azonban az év rövidnappalos szakaszában is biztosítható a termelés szempontjából optimális világos időszak a gazdasági haszonállatok esetében.

Cikkünk célja a fénykiegészítés alkalmazásával kapcsolatos hazai és külföldi eredmények bemutatása a szarvasmarha-tenyésztés területén.

A fény – a látáson kívül – számos biológiai folyamathoz szükséges a legtöbb élő szervezet számára

A FÉNY JELLEMZŐI

A fény egy elektromágneses sugárzás. A hullámhosszal jellemezhető, amely részecskék vagy fotonok áramlását jelenti. A napsugárzás 300 és 2500 nm közötti spektrumú fénnel éri el a Földet [6]. Az emberi szem a 400 és 700 nm közti hullámhossztartományra érzékeny [6, 7].

A fény több paraméterrel is meghatározható [8]:

- A fényáram az egységnyi időnként (sec) minden irányban kibocsátott fényenergia mennyisége, mértékegysége a lumen (lm).
- Az egy térszögegységből (egy szteradián; sr) egy adott irányba érkező fényerősség mértéke a candela (cd). A térszög egy háromdimenziós szög, amellyel jellemezhető egy adott irányban lévő specifikus fényerősség intervalluma.
- A fénysűrűség az egységnyi területre, adott irányba vetített fényerősség (cd/m^2), más szóval egy adott mennyiségű részecske (pl. foton), amely eléri a szemet.
- A megvilágítottság a felületegységenkénti fényáram (lm/m^2 , azaz lux).
- A fényesség (kisugárzás) az adott hullámhosszú fény által kibocsátott energiamennyiség (W/m^2).
- A logaritmikus intenzitás (LIT) a spektrális fotonsugárzást méri: a fotonok logaritmus per másodperc per négyzetméter per szteradián per nm hullámhossz ($\log_{10} \text{ foton}/\text{s}/\text{m}^2/\text{sr}/\text{nm}$).

A mesterséges fény minősége jellemezhető a hőmérséklettel (CCT: color characteristic temperature; minél magasabb, annál jobban közelít a napfényhez) és a színvisszaadási indexszel (CRI: color rendition index: 0–100; minél nagyobb, annál valószínűbb a felületről kapott szín).

A megvilágítás kiegyenlítetttsége az adott területen mérhető legnagyobb és legkisebb fényintenzitás hányadosát jelenti [9].

Az **1. táblázatban** a különböző fényforrások teljesítménye és hatékonysága látható összefoglalva.

A fényforrások a villamos energiát alakítják fényenergiává

A fényforrások a villamos energiát alakítják fényenergiává. Az időegység alatt, látható fény formájában kisugárzott energia tehát egy teljesítmény jellegű mennyiség, és nem jellemzi pontosan a fényforrás által kibocsátott fény látásban hasznosítható teljesítményét. A szem nem egyformán érzékeny, még az adott fajra jellemző érzékenységi tartományban sem. A szem érzékenységének hullámhosszfüggését nevezzük láthatósági függvénynek. A láthatósági függvénnyel kell súlyozni a fényforrás kisugárzott teljesítményeloszlását. A látás szempontjából hasznosuló fényt teljesítmény a fényáram, mértékegysége a lumen.

A fényáram mindig az adott fényforrásra jellemző. Az izzólámpák esetén minden gyártó gyakorlatilag ugyanazt a hatásfokú lámpát állította elő: a teljesítmény (watt) eleve megadta, mennyi lesz a lámpa fényárama (lumen). A szabványok határozzák meg a teljesítményskálát: 25W, 40W, 60W, 75W és 100W. A LED esetén a

1. TÁBLÁZAT. Fényforrások általános jellemzői [10–12]

TABLE 1. General parameters of light sources [10–12]

Fényforrás	Teljesítmény (W)	Hatékonyság (lm/W)
Hagyományos izzó	60–200	15–20
Halogén	50–150	18–25
Fénycső:		
- T-12 elektromágnes	34	66
- T-8 elektron	32	98
- T-8 HLO elektron	32	92
Nagy kisülésűek:		
- Higanygőz	50–250	40–50
- Fémhalogén	75–400	80–92
- Nagynyomású nátrium	100–400	90–110
LED	4–15	100–200

fényáramértékek eddig nem lettek úgy szabványosítva, mint az izzók teljesítménye, ezért a nagyjából egyenértékű fényforrások esetén különböző lumenértékekkel lehet találkozni [13].

A 2. táblázat szemlélteti, hogy különböző típusú fényforrások esetében adott lumenértékek milyen teljesítménnyel (azaz energiafogyasztással) állíthatók elő, amely értékek a fényforrás hatékonyságát jelentik.

2. TÁBLÁZAT. Fényforrások lumen-watt értékei [13]

TABLE 2. Lumen-watt values of light sources [13]

Fényáram	200 lm	400 lm	700 lm	900 lm	1300 lm
Hagyományos izzó	25 W	40 W	60 W	75 W	100 W
Halogén	18 W	28 W	42 W	53 W	70 W
Kompakt fényforrás	6 W	9 W	12 W	15 W	20 W
LED	4 W	6 W	8 W	10 W	15 W

A szarvasmarhák 110 lux megvilágítástól kezdve érzékelik jól a környezetüket és mutatnak aktivitást

Erős fényben és árnyékban bizonytalan a látásuk

A SZARVASMARHA LÁTÁSA

A szarvasmarha már az 5 lux erősségű fény érzékelésére is képes [14], de az 55 lux alatti fényerősség gyakorlatilag még a sötétséget jelenti számára [15, 16]. 110 lux megvilágítástól kezdve érzékelik jól a környezetüket és mutatnak aktivitást, a melatonin termelődésének gátlásához azonban legalább 160, de inkább 200 lux körüli fényerősség szükséges [15, 16]. 1000 lux feletti értékek már inkább gátlón, zavaróan hatnak, termelésnövekedés ilyen erős fény esetén nem figyelhető meg.

A szarvasmarhák szemei a fej két oldalán helyezkednek el, így 330 fokos látókörük van, kis fokú (30–60 fok) binokuláris látótérrel. Binokuláris látótér a két szem által lefedett tér közös része, amely a mélység érzékelését teszi lehetővé [17].

A szarvasmarhák szemmozgató izmai fejletlenek, nehezen fókuszálnak, és pupillájuk horizontális elhelyezkedésű, a fény mennyiségétől függően félhold vagy vonal alakú, így erős fényben és árnyékban bizonytalan a látásuk [18–20].

*A kék és zöld színek
elkülönítése már
nehézséget okoz a
szarvasmarháknak*

A retina fotoreceptorjai közül a csapok a színlátásért, a pálcikák a sötétben látásért felelősek.

A szarvasmarha retinájában a színlátásért felelős csapok a 446(–455)–(530–)554 hullámhosszak közti tartományra a legérzékenyebbek [9, 11]. A teljes fényérzékelési tartomány 400 és 620 nm között van [18]. A vörös színt meg tudják különböztetni a kéktől és a zöldtől, de a kék és zöld színek elkülönítése már nehézséget okoz számukra [18, 21]. Felmerül a kérdés, hogy a szarvasmarhák tudnak-e különbséget tenni a teljes spektrumú fehér fény, ill. az egyes hullámhosszak között. Más, dikromatikus látású emlősök esetében régebb óta igazolt a különböző színhőmérsékletek felismerése [22, 23]. A hidegebb színhőmérsékletek (4000, 6500 Kelvin) (relatív kék) hullámhosszintenzitása nagyobb, mint a melegebb színhőmérsékletűeké (2500, 2700 Kelvin) [24]. Sertésekre vonatkozó tapasztalatok szerint a 4 hetes malacok meg tudják különböztetni a 3000 K (meleg, emberek által vörösnek látott) és 6500 K (hideg, kékes) színhőmérsékleteket [22]. A sertések a szarvasmarhához hasonlóan dikromatikus látásúak: a szarvasmarha fotoreceptorjai 554 és 455 nm hullámhosszra, a sertéseké 556 és 439 nm-re a legérzékenyebbek [25, 26]. Szarvasmarha esetén a fehér, ill. a kék fény intenzitásának növekedése hatással volt a pupilla méretére, a vörös tartományba eső fény intenzitása azonban nem [27].

A szarvasmarha esetében a pálcikák aránya az emberhez viszonyítva jóval nagyobb. Retinájukon fényvisszaverő réteg, tapetum lucidum található, ami miatt sötétben az embernél jobban látnak – az éleslátásuk ugyanakkor gyengébb.

A FÉNY HATÁSA A MELATONINTERMEELÉSRE

A fényt a retina fotoreceptorai fogadják be, és az információ a látással (képformálás), ill. a nem látással kapcsolatos idegi úton halad [4, 5, 28]. Az idegi úton keresztül egy gátló jel érkezik a hipotalamusz által vezérelt tobozmirigybe, aminek következménye az alacsony melatoninszint [16, 29–31]. A fény gátolja a melatonintermelést limitáló enzim (N-acetiltranszferáz) működését. Sötét hatására emelkedő melatoninszint tapasztalható [29, 31–34]. A melatonin több más hormon szekrécióját is befolyásolja, mint pl. a prolaktin és az IGF-I [35]. A melatonin a vérrel szállítva jut az emésztőrendszerhez, a retinához, a bőrhöz vagy akár a csontvelőhöz.

A melatoninreceptorok közül a hypothalamus suprachiasmaticus magja felelős a cirkadián ritmus szabályozásáért [28, 31]. Melatoninreceptornak tekintik az emlősök retináját is [4, 30, 31]. Ha a szarvasmarha szemgolyóját, vagy a tobozmirigjét eltávolítják, a melatoninfelszabadulás napi ritmusa elvész, így megszűnnek a fotoperiódusra adott válaszreakciók is [36]. A csapok és pálcikák funkcióvesztése azonban nem eredményezi a fotoreceptivitás elvesztését, amelyből az következik, hogy vannak a szemben a csapoktól és pálcikáktól független receptorok is [31, 37, 38]; ezek a fényérzékeny retinalis ganglionsejtek vagy melanopszintartalmú retinalis ganglionsejtek, amelyeknek a suprachiasmaticus mag felé irányuló ganglionjai melanopszin fehérjét tartalmaznak [4, 5, 28]. Ez a suprachiasmaticus magvak felé irányuló közvetlen összeköttetés – retino-hypothalamus tractus – valamennyi emlősfajban megtalálható. A melanopszin tartalmazó idegrostok fotoinformációkat küldenek a suprachiasmaticus magba, amely felelős a fényviszonyokhoz való alkalmazkodás irányításáért. Így a pálcák és csapok hiányából fakadó vak-ság esetén is képesek az állatok az eltérő fényviszonyokhoz alkalmazkodni. A melanopszintartalmú retinalis ganglionsejtek tehát – amelyek optimálisan a rövidebb hullámhosszú (kéknek érzékelt) fényre érzékenyek [39] – kiemelten fontosak a cirkadián ritmus napi sötét-világos ciklusai szerinti szinkronizációjában [26, 40, 41, 42].

A suprachiasmaticus magokból a fénnel kapcsolatos információkat olyan idegrostok szállítják, amelyek keresztülmennek a hypothalamus nucleus supraopticusán és a középsőagy kötegein, majd kilépnek az agyból, belépnek a gerincvelőbe

*A cirkadián
ritmust szabályozó
melatonin
termelődését a
fény gátolja*

és az állkapocs caudalis határánál, a közös fejemek (*a. carotis comm.*) magasságában társulnak a felső nyaki ideg (*n. superior cervicalis*) praeganglionaris rostjaihoz [4, 16, 30, 38]. A felső nyaki ideg postganglionaris rostjai visszakérülnek az agyba, ott terminalis axonként a tobozmirigyhez futnak. Ha ez az összeköttetés a retina és a tobozmirigy között megszűnik, az egyed elveszíti a fényviszonyok változáshoz való alkalmazkodóképességét.

A melatonin termelődésének tehát cirkadián ritmusa van. A megemelkedett melatoninszekréciós periódus hossza határozza meg a relatív nappalhosszúságot a cirkadián ritmus szerint. Az endogén cirkadián ritmus beállít így egy „relatív hajnalt”, amihez képest alakul ki a nap hosszúsága [29, 43]. A szarvasmarha fotoszenzitív időszaka a hajnal utáni 14–16 órás időszak. Ha a hajnal után 15 órával is fényt lát, azt hosszú nappalként érzékeli. Ha hajnal után sötét időszak jön, de a hajnalt követő 14–16. órák világosak, azt szintén hosszú nappalként érzékeli [44]. A melatonin termelődésének blokkolása szempontjából a mesterséges fény ugyanolyan hatású, mint a természetes fény [45]. A természetes fényhez hasonló beltéri megvilágítás alkalmazása azonban, általánosságban véve, kedvezőbben hat az élettani funkciókra, a termelésre, az állatjóllétre és az egészségi állapotra [46]. A megfigyelések alapján, a kék hullámhossztartományba eső fény gátolja legerőteljesebben a melatonin szekrécióját, míg a vörös legkevésbé, így az istállók éjszakai megvilágítására a vörös fényt javasolják [47].

Általánosságban elmondható, hogy az állat természetes igényeinek megfelelő fotoperiódus kedvező hatással van a szarvasmarhák immunrendszerére, ezáltal befolyásolja egészségi állapotukat és közérzetüket is [48]. A fény szintén pozitívan hat a szarvasmarha növekedési és termelési folyamataira, ugyanakkor elengedhetetlenül szükségesek a sötét időszakok is, hiszen hiányuk esetén a cirkadián ritmus zavart szenved, folyamatos megvilágítás mellett pedig az említett pozitív hatások egy idő után nem érvényesülnek [49].

A FOTOPERIÓDUS ÉS A REPRODUKCIÓ ÖSSZEFÜGGÉSE

Bár a szarvasmarha nem szezonálisan ivarzik, mégis megfigyelhető bizonyos fokú szezonális változás a reprodukció területén. A télén ellett tehenek első újrairvarzása pl. később történt meg, mint a nyáron elletteké [50].

Az ivarérettség időpontját tekintve, a hosszúnappalos körülmények között nevelkedett üszők korábban lettek ivarérettek a rövidnappalos fotoperiódusban tartott társaiknál [2, 15, 51–53]. Hosszúnappalos (18 óra világos, 6 óra sötét) tartott üszők esetén az ösztadiolra intenzívebb luteinizáló hormontermelési válasz alakult ki, mint a rövidnappalosoknál (18 óra sötét, 6 óra világos) [1]. A hosszúnappalos körülmények közt tartott üszők átlagosan 312 napos ivarzóvá váltak, míg a rövidnappalosok 367 napos korban. Az elsőre termékenyült üszők aránya az előbbi csoportban 91%, utóbbiban 64% volt.

A szárazonállás alatt rövidnappalos körülmények közt tartott tehenek átlagosan 5 nappal korábban ellettek a hosszúnappalosokhoz képest [54].

A FOTOPERIÓDUS ÉS A NÖVEKEDÉS KAPCSOLATA

Kutatási eredmények már évtizedekkel ezelőtt igazolták, hogy a nappalok hosszúsága befolyásolja a szarvasmarhák növekedését [55].

A hosszúnappalos körülmények között tartott üszőcsoportok számos vizsgálati eredmény szerint gyorsabban növekedtek [51, 52, 56, 57], mint a rövidnappalos csoportok. A borjak születési súlya is nagyobb a nappalok hosszúságának növekedésével [58].

Fiatal, még nem ivarérett szarvasmarhák esetén, a hosszú nappalok hatására a fehérjeforgalom csökkent, javult a takarmányhasznosítás [58]. Szintén fiatal egyedekben, rövid nappalok hatására intenzívebb zsírfelhalmozódást figyeltek meg [59]. Üszők és tinók esetében azt tapasztalták, hogy hosszú nappalok esetén

**A szarvasmarha
fotoszenzitív
időszaka a hajnal
utáni 14–16
órás időszak**

**A hosszúnappalos
tartott üszők előbb
lesznek ivarérettek, és
jobb a termékenyülési
arányuk**

a szárazanyag-felvétel nem növekedett jelentősen, a növekedés üteme azonban igen [60, 61]. Más közlemények eredményei szerint azonban a fotoperiódus hatására (természetes, 18 órás, ill. 24 órás megvilágítás esetén) nem változott sem a takarmányértékesítés, sem a tömeggyarapodás üteme [62–64].

A tőgyfejlődés tekintetében megfigyelték, hogy a hosszú nappalok hatására intenzívebb volt a tőgyparenchyma növekedése és limitált a zsírbeépülés [16, 53, 65], míg mások nem tapasztalták a fotoperiódus tőgyparenchyma mennyiségére és tőgy szöveti zsírtartalmára gyakorolt hatását [66].

A FOTOPERIÓDUS ÉS A LAKTÁCIÓ ÖSSZEFÜGGÉSEI

1978 óta [55] számos közlemény bizonyítja, hogy a 16 óra világos/8 óra sötét fotoperiódus (hosszú nappal) stimulálja a tehének tejtermelését [49, 67–70]. A 6–8 órás világos szakaszokhoz képest már a 12 órás fény is növeli a tejmennyiséget [67, 69]. A 24 órás megvilágítás azonban egyáltalán nem bizonyult termelésnövelő hatásúnak [68].

Egyes kutatási eredmények szerint a hosszú nappalok pozitív hatása a tejtermelésre vonatkozóan az egész laktáció során érvényes volt [49], míg mások azt támasztják alá, hogy a hosszú nappalok pozitív hatása csak a laktáció 75. napjától bizonyult szignifikánsnak [71]. A tapasztalatok szerint 2–4 hét adaptációs időszak szükséges ahhoz, hogy a többletfény tejtermelést növelő hatása érvényesüljön [72].

Hazai viszonyok között a tél végén ellett tehének esetén a tavaszi hosszabbodó nappalok természetes körülmények között is támogatják a laktáció felszálló ágában a tejtermelés növekedését [30].

A 3. táblázat a különböző szerzők által, eltérő fényforrások segítségével történt fénykiegészítés hatására bekövetkezett tejtermelés-növekedéseket és a tejzsír-tartalom változását mutatja be.

A hosszú nappalok kedvezően hatnak a tejtermelésre is

3. TÁBLÁZAT. A hosszú nappalok hatása a tejtermelésre különböző közlemények alapján

TABLE 3. Effect of long-day photoperiod on the milk production by various publications

Szerző	Fény típusa	Tejmennyiség-növekedés (kg/nap)	Tejzsír-változás (%)	Szárazanyag-felvétel-növekedés (%)
PETERS és mtsai [55]	fluoreszcens	2,0	n.k.	n.a.
PETERS és mtsai [73]	fluoreszcens	1,4	n.k.	6,1
MARCEK és SWANSON [68]	nátriumgőz	1,8	változó	n.a.
STANISIEWSKI és mtsai [74]	fluoreszcens	2,2	-0,16	n.a.
BILODEAU és mtsai [75]	fluoreszcens	2,0	n.k.	4
EVANS és HACKER [52]	fluoreszcens	2,8	n.k.	n.k.
PHILIPS és SCHOFIELD [76]	fluoreszcens	3,3	-0,18	n.k.
DAHL és mtsai [77]	fémhalogén	2,2	n.k.	n.k.
REKSEN és mtsai [67]	fluoreszcens	0,5	n.a.	n.a.
MILLER és mtsai [78]	fémhalogén	1,9	n.k.	3,5
PARK és mtsai [69]	LED	2,5–8 kg*	n.k.	n.a.

*a laktáció különböző szakaszaiban

n.k.: nincs különbség, n.a.: nincs adat

**A hosszú nappalok
hatására történő
tejtermelés-növekedés
hormonális háttere még
nem teljesen tisztázott**

LINDKVIST és mtsainak eredményei szerint a tejtermelésre gyakorolt hatás szempontjából a fény spektrális összetétele másodlagos az intenzitásával és időtartamával szemben [27]. Számítások szerint a laktáció alatti hosszú nappalok biztosítására bevezetett többletvilágítás költségei egy év alatt megtérülnek a többlet-tejtermelés által [77, 79].

Többen is alátámasztották a tejelő tehenek szárazanyag-felvételének hosszú távon való növekedését a hosszú nappalok hatására, amely a megnövekedett tejtermelésből is következik [73, 75, 78]. A hosszú nappalok hatására történő tejtermelés-növekedés hormonális háttere napjainkban sem teljes egészében tisztázott.

Kutatások igazolták, hogy hosszú nappalok hatására a keringésben nő a prolaktin koncentrációja [32, 33, 80–82], míg rövid nappalok esetén, ill. melatonin etetése esetén is csökken [83–85]. Ebből következett az a feltételezés, hogy a tejmenyiség-növekedés mediátora a prolaktin. Ezt azonban több kutatási eredmény is cáfolta: megállapították, hogy a kívülről történő prolaktinadagolás nem volt hatással a termelt tej mennyiségére [86], továbbá, hogy fagyos időben a hosszú nappalok hatására bekövetkező prolaktintermelés-növekedés nem történt meg, a tejtermelés mégis növekedett [52, 74]. A melatoninadagolás következtében azonban csökkent a prolaktinkoncentráció és a tejtermelés is a laktáció kései szakaszában [87].

Lehetségesnek tartják, hogy a hosszú nappalok a fejés indukálta prolaktinhullám nagyságát befolyásolják, amely kizárólag a fejéshez kötött [88]. A melatoninadagolástól azt várnánk, hogy mind az alap, mind a fejésindukált prolaktinemelkedést csökkentse. Quinagolid prolaktinfelszabadulás-gátló 8 héten át történő adagolása során megfigyelték, hogy négy hét után a kezelt csoportnak igazolhatóan csökkent a tejtermelése. A fejés által okozott prolaktinhullám csökkent, az alap prolaktintermelés nem, ami arra utal, hogy a fejés indukálta prolaktinhullám mértékének változása hatással van a tejmenyiségre, az alap prolaktintermelés változása nélkül is [89]. A csökkent prolaktintermelés hatással lehet a tőgyállomány sejtjeire az IGF-kötő fehérjeszignál (IGFBP) megváltozásán keresztül. Tőgysejtkultúrák esetén prolaktin hiányában IGFBP-5-expressziónövekedést figyeltek meg a prolaktinnal kezelt mintákhoz képest. Mivel az IGFBP-5 elősegíti a sejtek apoptózisát (programozott sejthalál), az *in vitro* adatok azt sugallják, hogy a hosszúnappalos körülmények közt a megnövekedett prolaktinkoncentráció a tőgysejtek lassabb pusztulását eredményezi, ezzel lassítja a tejtermelés csökkenését [90].

Növekedési hormon hatására (kívülről történő adagolás esetén is) a tejtermelés fokozódása figyelhető meg (4. táblázat). A hosszú nappal bST- (bovine somatotropin) adagolással kiegészítve additív tejtermelésnövelő hatással bírt négyhetes kezelés után [78]. Az azonban egyáltalán nem bizonyított, hogy vajon a növekedési hormon koncentrációja a fotoperiódus által szabályozott-e. Van ugyanis szezonális fluktuációja a növekedési hormon termelésének [91], de nincs rá bizonyíték, hogy ez a fotoperiódussal függne össze.

Hosszú nappalok (18 órás megvilágítás) hatására kérődzőkben nő az IGF-I-szekréció [77, 92], míg rövid nappalok, ill. 24 órás világítás hatására csökken [69, 85]. A hosszú nappalok növelik az üszők tőgyparenchyma-szövetének mennyiségét, ill. a sovány szövetek növekedését, amihez pedig IGF-I-szekréció növekedés szükséges [65]. Felmerült így a kérdés, hogyan alakul ez a laktáció során? Míg a kecskéknél a külsőleg adagolt IGF-I galaktopoetikus hatásának bizonyult [93, 94], addig szarvasmarháknál ugyanez nem igazolódott [95].

A bST-vel kezelt tehenek tőgyének mirigyhámsejtjeiben az IGF-I-kötődés növekedett, ami nagyobb tejtermelést eredményezett [96]. Több tudományos közlés szerint az IGF-I-emelkedés nem függ össze a keringésben lévő növekedési hormon vagy növekedési hormon-receptor koncentrációjának változásával [49, 77, 97]. MILLER és mtsai szerint bST-vel kezelt tehenek hosszúnappalos körülmények mellett is nagyobb tejtermelést produkáltak, mint a kezeletlenek. Feltételezésük szerint a nappalok hossza, ill. a növekedési

4. TÁBLÁZAT. A nappal hossza és a növekedéshormon-kiegészítés hatása a tejtermelésre [78]**TABLE 4.** Effect of day lenght and growth hormone supplementation on the milk production [78]

	Természetes nappalhossz (9,5–14,5 h világos/nap)	Hosszú nappal (9,514,5 h világos/nap)	Természetes nappalhossz + bST	Hosszú nappal + bST
Tej (kg/nap)	25,2	27,1	30,5	31,4
3,5 % FCM (kg/nap)	27,7	29,6	33,4	35,4
Fehérje (%)	3,3	3,2	3,3	3,2
Zsír (%)	4,2	4,1	4,2	4,4

FCM: fat-corrected milk, zsírtartalomra korrigált tej

Az IGF-I egy lehetséges mediátora a hosszú nappalok hatására bekövetkező tejtermelés növekedésnek

hormon más mechanizmus által fejti ki galaktopoetikus hatását, ugyanakkor együttes alkalmazásuk eredményesen növeli a perzisztenciát a laktáció során [78]. A bST-vel kezelt tehenek IGF-I-értékeinek változására hatással volt az évszak is: a nyári hosszúnappalos időszakban magasabb IGF-I-szinteket mértek, mint a téli rövid nappalokon [98].

Az IGF-I egy lehetséges mediátora a hosszú nappalok hatására bekövetkező tejtermelés növekedésnek.

A hosszú nappalok hatására a keringésben megnövekedett IGF-I-koncentráció már a tejtermelés növekedése előtt megfigyelhető volt. A GH, az IGFBP2 és IGFBP3 nem különbözött 18, ill. 10–13 órás megvilágítás esetén, amelyből arra következtettek, hogy a hatás az IGF-I szekréciós szintjén érvényesül, nem a megváltozott IGF-I-ürülés vagy GH-stimuláció szintjén [77].

Ha a rövidnappalos időszakokat melatonin etetésével próbálták utánozni, ennek hatása elnyomta az IGF-I-szint emelkedését [85, 49], csökkent a prolaktintermelés [85], valamint a tőgyparenchyma és a sovány szövetek növekedése [84, 99], ugyanakkor a tejtermelésre nem gyakorolt igazolható hatást [49]. A melatoninadagolás a laktáció kései szakaszában nem volt hatással a keringő IGF-I koncentrációra sem [87].

A laktációs görbe leszálló ágában a melatonin fogyasztása csökkentette a prolaktintermelést, de a tejtermelésre nem volt hatással [100].

A rövidnappalos időszakokra márpedig szükség van, mert állandó hosszúnappalos tartás esetén nem érvényesül a hosszú nappalok pozitív hatása [68]. Ez a napi három fejest végző tehenészeti telepeken jelenthet problémát, ahol a fejési időszakokhoz szükséges fény mennyiség miatt nem biztosítható a napi 6–8 óra összefüggő sötét periódus, és az eredmények szerint ez nem is helyettesíthető a melatonin külső adagolásával!

A szárazonállás időszaka alatt vizsgált nappalok hosszúsága szintén hatással van a következő laktáció eredményeinek alakulására. A kutatások szerint a hosszú nappalok megnövelik az ellés előtti napokban a prolaktinsúcsot, amely a galaktogenezishez szükséges [66, 76]. Ez alapján azt feltételezték, hogy a szárazonállás alatti hosszúnappalos körülmények nagyobb tejtermelést eredményeznek a következő laktációban. Ennek azonban az ellenkezőjét tapasztalták, miszerint a szárazonállás alatti rövidnappalos kezelés után volt nagyobb a tejtermelés mértéke (átlagosan +3,1 kg-mal) [33, 35, 101, 102].

A szárazonállás során alkalmazott fénykiegészítés hatása azonban függ annak időtartamától [103]. Azok a tehenek, amelyeket csak az ellés előtti 21 nap során tartottak

hosszúnappalos körülmények között, nem termeltek nagyobb mennyiséget a rövidnappalos csoporthoz képest. A szárazonállás során átlagosan 35 napos hosszúnappalos kezelés volt szükséges a tejtermelésre gyakorolt pozitív hatás kiváltásához [54].

Felmerül a kérdés, hogy élettanilag hogyan magyarázható a szárazonállás alatti rövid nappalok pozitív hatása, ha abból a nézetből indulnak ki, hogy a megnövekedett tejtermelés oka a rövidnappalos csoportokban a tőgy mirigyes állományának, szárazonállás alatti, intenzív fejlődése, ill. a sejtek apoptózisának csökkenése [33, 104]. Feltételezték, hogy a prolaktinkoncentráció és a tőgyszövet prolaktinérzékenysége mediálja a fotoperiodikus hatásokat a teheneknél. A szárazonállás időszakában rövid-, ill. hosszúnappalos megvilágítás alatt tartott állományban mérték a szárazonállás alatt, ill. a laktáció kezdetén a keringésben lévő prolaktinkoncentrációt és a prolaktinreceptor mRNS-ének expresszióját a lymphocytákban, a májban és a tőgyszövetben. A rövidnappalos csoportban kisebb prolaktinkoncentrációt, de fokozottabb prolaktinreceptor mRNS-expressziót tapasztaltak a lymphocytákban és a tőgyszövetben, továbbá a tejtermelésük is nagyobb volt a laktáció kezdetén. A prolaktinreceptor-szignál – bár számos intracelluláris folyamatot irányít – egy specifikus pálya, amit a rövidnappalos kezelés befolyásol, a citokinszignál-szupresszorok (suppressor of cytokine signals: SOCS) expressziója révén. A SOCS expressziójának csökkenése várhatóan elősegíti a tőgy növekedését, mert a SOCS-géncsalád expressziója általánosságban, visszacsatolás által, gátolja a prolaktinszignált [105].

A hipotézist, hogy a rövid nappalok hatását a prolaktin mediálja, prolaktin pótlásával tesztelték [106]. Elapasztáskor hosszú nappalok esetében a keringő prolaktin koncentráció jelentősen megnőtt a rövidnappalos csoporthoz képest. A szárazonállás utolsó hat hetében a prolaktinkoncentrációt sc. infúzióval növelve a rövidnappalos tehenek egy részénél – úgy, hogy az értékek a hosszúnappalos és a prolaktin kiegészítést nem kapott rövidnappalos csoportok értékei közé essenek (hosszúnappalos: $10,8 \pm 2,5$ ng/ml; rövidnappalos: $4,2 \pm 1,0$ ng/ml; rövidnappalos+prolaktin kiegészítés: $7,8 \pm 1,4$ ng/ml) –, az ellés utáni tejtermenységek a szárazonállás alatt mért prolaktinkoncentrációkkal ellentétesen alakultak. A prolaktinkiegészítést kapott tehenek értékei nagyobbak voltak a hosszúnappalosakénál, de kisebbek a kiegészítés nélküli rövidnappalos csoporténál. Ez alátámasztja azt, hogy a szárazonállás alatti rövid nappalok hatására bekövetkező prolaktinkoncentráció-csökkenés a vérben összefügg a következő laktációban tapasztalt nagyobb tejtermeléssel.

A prolaktinkoncentráció és prolaktinreceptivitás közti fordított kapcsolat különböző nappalhosszúságok esetén, felvetett az mRNS-sel és fehérjeexpresszióval kapcsolatos kérdéseket. Több megállapítás is alátámasztja, hogy a prolaktinreceptor-mRNS használható a receptor funkciójának indikátoraként [107, 108]. A fordított kapcsolat a vér prolaktinkoncentrációja és a prolaktinreceptor expressziója között egy élettanilag meghatározott negatív visszacsatolással jár együtt. A rövidnappalos körülmények közt tartott szarvasmarhákban gyűjtött fehérvérsejtek erősebb választ adtak prolaktinra, mint a hosszúnappalosak [107]. Rövid-, ill. hosszúnappalos körülmények között tartott tinóktól származó fehérvérsejtmintákat prolaktin hozzáadásával vagy anélkül tenyésztve, mitogénnel való kezelésre a rövidnappalos tinók fehérvérsejtjei kisebb prolaktin koncentrációra is reagáltak, ami nagyobb mértékű prolaktinreceptor-expressziót jelez [108].

Hosszúnappalos körülmények közt tartott borjakon, bromokriptin-kezelést alkalmazva (amely elnyomja a prolaktinszekréciót) azt tapasztalták, hogy a kezelés hatására a kisebb prolaktinkoncentráció emelkedett prolaktinreceptor-expressziót és perifériás vér mononukleáris sejt (PBMC) proliferációs választ idézett elő, mint a hosszúnappalos körülmény önmagában [108].

Rövid nappalok mellett tartott borjak prolaktinkiegészítés hatására (szintjük egyenlő legyen a hosszúnappalosakéval) a hosszúnappalosakkal megegyező prolaktinreceptor és PBMC választ produkáltak [108]. Mivel ezek a válaszok a nappalok hosszúságától függetlenül a vér prolaktinkoncentrációját követték, adataik alátámasztják, hogy a prolaktin a fotoperiódus hatásának mediátora.

Szarvasmarhában a prolaktin a fotoperiódus hatásának mediátora

A FOTOPERIÓDUS ÉS AZ IMMUNMŰKÖDÉS, ILL. A VÉRPARAMÉTEREK ÖSSZEFÜGGÉSEI

A fotoperiódus változásával az immunrendszer működése is változik, mivel a prolaktin az immunfunkciókra is hatással van. A szárazonállás alatt a rövid nappalok kedvezően hatnak a tehenek immunrendszerére [48, 107]. Fiatal tinókkal végzett vizsgálatokban, a rövid nappalok hatására emelkedett PBMC-proliferációt figyeltek meg mitogének hatására (*in vitro*), valamint IL-8-ra megnövekedett neutrophil kemotaxist (*in vitro*) tapasztaltak a hosszúnappalos tinóborjakhoz képest [107]. Szárazonálló tehenek esetén hasonló PBMC-választ tapasztaltak [48]. Ebből arra következtettek, hogy a szárazonállás alatt rövidnappalos kezelésben részesült tehenek immunstátusza az ellés idejére kedvezőbben alakul, mint hosszú nappalok esetén. Ezt a megállapítást alátámasztja az is, hogy az ellést követően a rövidnappalos tehenek esetében kisebb szomatikus sejtszámot tapasztaltak [48].

Az UV-sugarak segítségével megnyújtott fotoperiódus (14 óra világos : 10 óra sötét) javította a borjak ellenállóképességét, amelyet a szérum emelkedett összfehérje-koncentrációjával bizonyítottak [109].

Tejelő tehenek különböző vérparamétereinek vizsgálata során a hosszúnappalos fotoperiódusnak nem volt hatása a vér antisztreperezin és alanin-aminotranszferáz tartalmára [69]. A kreatininkoncentráció a vérben a természetes fény melletti 6 órás LED-fénykiegészítés (18,00–00,00; 20,69 mg/dl) esetén kisebb volt, a 3 és 12 órás LED-fénykiegészítéses (3,00–6,00; 22,15 mg/dl; 18,00–6,00; 23,76 mg/dl) és a csak természetes fényben részesülő csoporthoz képest (24,21 mg/dl). A glükóztartalom a 6 órás fénykiegészítés esetén volt a legnagyobb (64,0 mg/dl; a többi csoport 51,0–52,0 mg/dl). A szerzők úgy vélekedtek, hogy a vércukorszint emelkedése feltehetően a tejtermelés növekedésével volt összefüggésben, a 6 órás LED-fénykiegészítést kapott hosszúnappalos csoportnál [69]. Az összbilirubin-koncentráció a kontroll, LED-fénykiegészítést nem kapott csoportban volt a legmagasabb (0,10 mg/dl; a többi: 0,05–0,06 mg/dl). A 12 órás LED fénykiegészítéses csoportban mérték a legnagyobb összkoleszterol-tartalmat (238,4 mg/dl), és a csak természetes fényben tartott csoportban a legkisebbet (199,9 mg/l) – bár a viszonylag nagy szórásértékek miatt az eltérés statisztikailag nem volt igazolható. A vér karbamid-N tartalma a 12 órás LED-többletvilágítás esetén volt a legkisebb (11,91 mg/dl, a többi: 15,51–20,5 mg/ml) [69].

A hosszú nappalok hatékonyabb takarmánynitrogén-felhasználást eredményeztek, ami a tejtermelés növekedésével együtt az egységnyi tej termelésére vonatkoztatott nitrogénürítés 5%-os csökkenését is magával vonta [110, 111].

A hemoglobin koncentrációja a természetes fény melletti 12 órás fénykiegészítés esetén szignifikánsan nagyobb volt (109,78 mmol/L) a természetes fényben, ill. az emellett 3 és 6 órás fénykiegészítésben részesülő tehenekéhez képest (69,50–85,30 mmol/L) [69].

A természetes fény melletti 6 és 12 órás fénykiegészítés hatására a vérben a kortizol csökkent, a glutation-peroxidáz enzim koncentrációja pedig nőtt [69]. A vér IgA- és IgG-koncentrációja nem különbözött az eltérő hosszúságú megvilágítások esetében.

A fényintenzitás 5 luxról 50 luxra való emelésének hatására növekedett a vér hemoglobin-, kalcium-, fehérvérsejt- és vörösvérsejt-tartalma [112].

A FOTOPERIÓDUS ÉS A VISELKEDÉS, ILL. AZ ÁLLATJÓLLÉT KAPCSOLATAI

Kutatási eredmények szerint a szarvasmarhák szabad választás esetén a megvilágított helyeket részesítik előnyben a sötéttel szemben [113, 114]. A fény előnyös a vizuális kontaktus szempontjából is; világosban tartott csoportok esetén gyorsabban kialakul a rangsor, így kevesebb közelharc figyelhető meg [16]. Kimutatták azt is, hogy ha a téli időszakban is folyamatosan hosszúnappalos körülményeket biztosítanak a szarvasmarháknak, nem alakul ki a vastagabb, téli szőrzet, ill. az állatok korábban kezdenek vedleni, hamarabb alakul ki a nyárra jellemző kültakaró.

Az UV-sugarak segítségével megnyújtott fotoperiódus javítja a borjak ellenállóképességét

A hosszú nappalok hatékonyabb takarmánynitrogén-felhasználást eredményeznek

A szarvasmarhák a megvilágított helyeket részesítik előnyben a sötéttel szemben

*Hosszú nappalok során
nagyobb aktivitás és
táplálékbevitel, ill.
kifejezettebb ivarzási
jelek figyelhetők meg*

Nincsenek adatok arra vonatkozóan, hogy ez a termelésre közvetlenül negatív hatással lenne, ugyanakkor a testhőmérséklet fenntartására használt energia-többlet említésre méltó [16, 115].

Viselkedés tekintetében az istállózott körülmények között tartott szarvasmarhák a legelő csoporthoz hasonló diurnális (napi) ritmust követnek [116]. Tejtermelő teheneknél a hosszú nappalok (16 óra világos) rövidtávú hatásaként nagyobb aktivitás és táplálékbevitel volt megfigyelhető, több volt az állva és kevesebb a fekvő töltött idő, valamint kifejezettebbek az ivarzás jelei [76]. Hosszúnappalos körülmények között tartott tejelő tehenek táplálkozási aktivitása hosszabb időre terjedt ki, mint rövid nappalok esetén [117]. Mások ugyanakkor nem tapasztaltak megnövekedett takarmányfelvételt a hosszú nappalok hatására [118]. Tapasztalatok szerint a szarvasmarhák táplálkozását megzavarja, ha az etetőtér nem megfelelő a megvilágítás (az etetőasztalon 215 lux javasolt) [25]. A szarvasmarhák táplálkozással töltött idejét, valamint takarmányhasznosítását, nagyüzemi körülmények között, jobban befolyásolta a szociális rangsor, mint az évszakhatás [119–121].

Teljes sötétségben, ill. különböző intenzitású és hullámhosszú megvilágítás esetén végzett tájékozódási vizsgálatokban a tehenek az emberi szem szerinti sötétben ugyanolyan biztosnágosan voltak képesek végighaladni akadálypályán, mint eltérő intenzitású megvilágítások esetén, igazolható különbségeket egy esetben sem tapasztaltak. A haladási sebesség tekintetében megfigyelhető volt, hogy a közepes intenzitású, egyenlőtlen, vörös spektrumba eső fény esetén lassabban mozogtak [70].

A fény intenzitásának növelésével arányosan növekedett a tehenek oxigén-felhasználása és szén-dioxid-kibocsátása. A 100–120 lux mellett tartott állatok egységnyi testtömegre vetített hőtermelése 34–41%-kal nagyobb volt a kontroll, 15–20 lux fényerősségű helyen tartottakéhoz viszonyítva [122].

Hosszúnappalos körülmények között tartott tehenek borjai esetén emelkedett szívritmust (percenként 16-tal) és légzési gyakoriságot (percenként 3-mal) tapasztaltak [66].

A világítás befolyásolja az oxitocintermelést, így a tejleadást is. Az éjszakai fejések alkalmával kisebb oxitocinkoncentrációt mértek a nappalihoz képest [123]. A fejés alatt 200–250, az elővárakozóban 100 lux megvilágítást tartanak ideálisnak [124–126].

Összességében megállapítható, hogy a szarvasmarhák termelési folyamatai a fotoperiódus által befolyásolhatók. Fontos azonban megjegyezni, hogy a világos órák száma nem emelhető tetszés szerint. Az állatoknak napi 6–8 órányi folyamatos sötét időszakra van szükségük ahhoz, hogy érzékeljék a napi fotoperiódus ritmusát [68]. A telepi technológiai folyamatok zavartalanságához szükséges minimális fényt éjszaka vörös fénnel célszerű biztosítani, amely a tehenek érzékelési tartományán kívül esik. Hagyományos körülmények között, erre alkalmazhatóak a 7,5 wattos izzók, 3 méter magasságban, egymástól 6–9 méter távolságra elhelyezve [127, 128].

AZ ISTÁLLÓ MEGVILÁGÍTÁSÁNAK TÍPUSAI ÉS JELLEMZŐI

Az istállók megvilágítottságával kapcsolatban többféle igénynek kell teljesülni:

- olyan fényt biztosítson, amely megfelelő környezetet jelent a tehenek viselkedése szempontjából,
- teremtsen kényelmes munkavégzési lehetőséget az ott dolgozóknak,
- legyen költséghatékony,
- energiatakarékos és
- hosszú élettartamú [6].

A tehenészeti telepeken olyan fényforrások javasoltak, amelyek színvisszaadási indexe legalább 80 [8]. Az 5. táblázat a különböző típusú fényforrások színhőmérséklet és színhűség értékeit mutatja be.

5. TÁBLÁZAT. Különböző fényforrások mesterséges fényének jellemzése [10–12]**TABLE 5.** Parameters of artificial light of various light sources [10–12]

Fényforrás	Hőmérséklet (K)	Színhűség index
Hagyományos izzó	2500–3000	100
Halogén	3000–3500	100
Fénycső	3500–5000	70–95
Nagy kisülésűek:		
Higanygőz	nincs adat	20–60
Fémhalogén	3700–5000	60–80
Nagynyomású nátrium	2000–2700	nincs adat
LED	1900–12000	>80

Az istállóban szükséges lámpák számát DAHL [129] ajánlása szerint az alábbi képletek segítségével számolhatjuk ki:

$$\text{Összes fényáram} = \text{terület} \times \text{lx} \times K$$

ahol a terület: az istálló területe négyzetméterben, lx: a kívánt intenzitású megvilágítás (pl. 150–200 lx), K: a külső megvilágítástól függő állandó (kötetlen tartás esetén, nyitott istállónál: K = 3, kötött tartás vagy zárt istálló esetén: K = 2.)

$$\text{Felfüggesztett lámpatestek száma} = \text{összes fényerő} / 1 \text{ lámpa fényereje.}$$

Az **6. táblázat** az élettartamuk alapján értékeli a különböző típusú fényforrásokat. Élettartam és energiafelhasználás (ld. 2. táblázat) tekintetében mindenképp kiemelkedőnek számítanak a LED fényforrások.

A telepek elektromosáram-felhasználásának 21%-át a világítás adja [130]. A leggyakrabban alkalmazott fényforrások a fémhalogén típusú és a fluoreszcens lámpák [7, 48, 52, 54, 55, 57, 67, 77, 78, 127]. A LED világítóttest számos apró diódából áll, ahol minden egység egy adott színű fény előállítására képes, így képezhető külön kék, vörös és fehér fény is [6].

A LED világítás energiatakarékos, fénye nyugtató hatású az állatok számára [131, 132]. A magas energiaárak és a fenntartható termelésre helyezett egyre nagyobb hangsúly erősen indokolják a fényforrások alkalmazását [131–133], hiszen hosszabb hasznos élettartamuk csökkenti a fenntartási költségeket.

Hagyományos kompakt fluoreszcens lámpák (85W) és LED fényforrások termelésre gyakorolt hatásait értékelve a LED-es megvilágítás esetén, a fluoreszcens világításhoz képest szignifikánsan ($p < 0,05$) nagyobb tejtermelést és tejszírtartalom-növekedést figyeltek meg [133].

A FÉNY MÉRÉSÉNEK ESZKÖZEI

A fény mérésére a luxmérő a legáltalánosabban használt eszköz [134]. A megvilágítottságot horizontális vagy vertikális síkban tudja mérni. A különböző hullámhosszúságokra való érzékenysége az emberi szemnek megfelelő (fehér fényre a legérzékenyebb), ami a szarvasmarháétól eltér [6, 135].

A fénysűrűségmérő egy bizonyos pozícióban mérhető fénysűrűséget detektál. Közúti világítás tervezésénél használják, ill. különböző fényvisszaverő képességű

**A LED fényforrások
leghatékonyabbak a
tejtermelés fokozására**

6. TÁBLÁZAT. Fényforrások élettartama [10–12]

TABLE 6. Longevity of light sources [10–12]

Fényforrás	Élettartam (h)
Hagyományos izzó	750–1000
Halogén	2000–3000
Fénycső:	
– T-12 elektromágnes	20000
– T-8 elektron	20000
– T-8 HLO elektron	24000
Nagy kisülésűek:	
– Higanygőz	16000–24000
– Fémhalogén	15000–20000
– Nagynyomású nátrium	15000–24000
LED	20000–100000

A környezeti
fénymérés módszerét
2019-ben
fejlesztették ki

anyagok fényvisszaverésének összehasonlítására [134]. Szintén az emberi szem érzékelési tartományában használható jól.

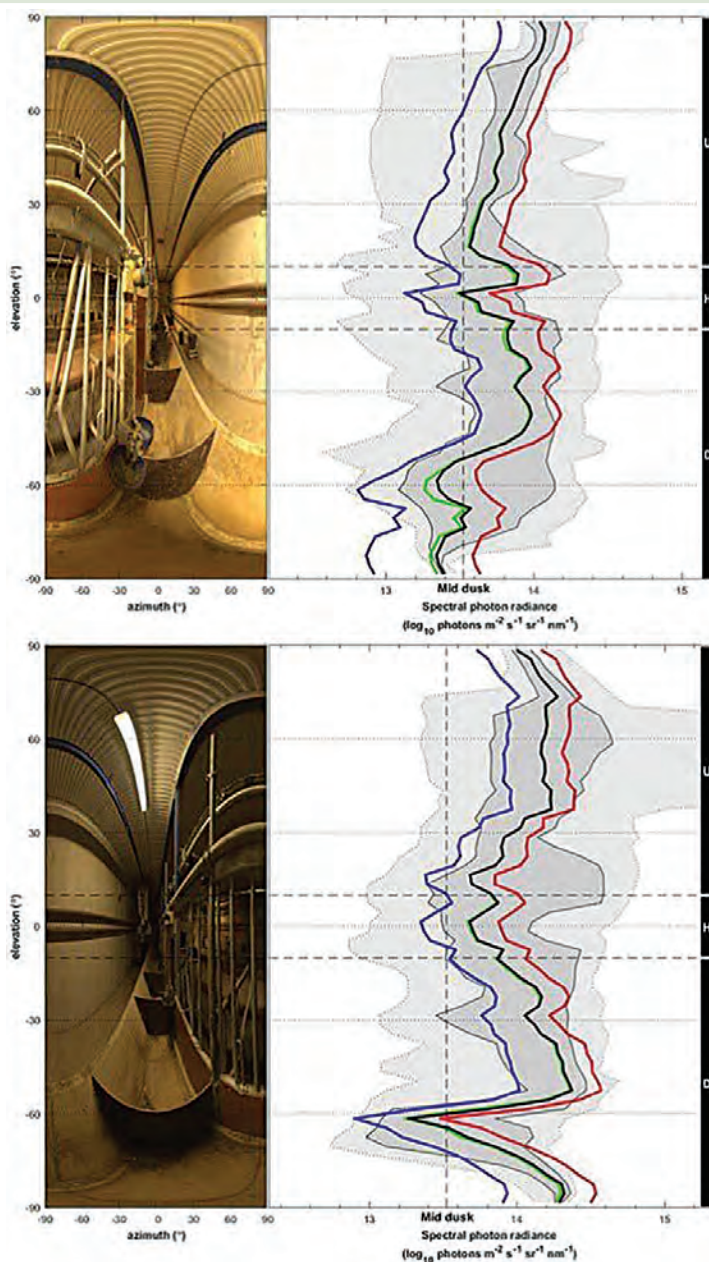
A környezeti fénymérés módszerét (Environment Light Field, ELF) 2019-ben fejlesztették ki [136]. Ennek során kalibrált digitális kamerát használnak halszemlencsével, amely 180 fokos szöget fed le és 360 fokos képet ad. Ez lehetővé teszi a fényintenzitás teljes terjedelmének észlelését, a szemhez hasonlóan. Két megközelítésből végez mérést: egyjelenetes, ill. többjelenetes módon. A különböző megvilágítások hatásának, ill. az időbeli változások összehasonlításának vizsgálata a egyjelenetes mérésmód alkalmazható. Ahhoz, hogy egy helyiségben vagy egy épületben általános képet kapjunk a megvilágítási környezetről, a többjelenetes változat a megfelelő, amely 20–40 egyedi felvételt készít. Az analízis során egy mérési átlageredményt kapunk (az egyjelenetes mérésnél ez 3 kép átlaga). Az átlagképből a medián intenzitás (LIT) kerül kiszámításra, minden pixelben és minden magassági szögben. Ennek eredménye egy grafikon, világos- és sötétszürke területekkel (Ábra). A világosszürke terület mutatja az intenzitásváltozás 95%-át minden magassági szögből, míg a sötétszürke az összes intenzitási érték 50%-át ábrázolja. A grafikonon látható három spektrumvonal: egy kék, egy zöld és egy fekete. Ez az intenzitásgörbe, amelyet külön számítanak a kék (400–500 nm), a zöld (500–600 nm), a vörös (600–700 nm) fényekre és az összesre együtt (400–700 nm).

A spektrofotométer méri a fény intenzitását, érzékeli a készülékben adszorbeált fotonok mennyiségét az adott hullámhossztartományban, így mérhető vele a spektrális irradiancia [137]. A készülék képes a teljes látható fénytartományban, valamint a különböző szűkebb hullámhossztartományokban való mérésekre.

A luxmérő és a spektrofotométer is egy átlagértéket ad a területről, ahol a fény megmintázásra kerül. Az ELF módszer segítségével meghatározható, milyen magassági szögben a legintenzívebb a fotonok áramlása. A spektrofotométer szélesebb körű vizsgálati lehetőségeket biztosít, mint a luxmérő; tehát ez is alkalmas lehet fényforrások elhelyezésének és a világítás intenzitásának megter-

ÁBRA. Az ELF-módszer alkalmazásával készített grafikon [8]

FIGURE. Graph made with the ELF method [8]



vezésére. Mivel a luxmérő nem méri szint, sem pedig a fotonáramlás változását az adott hullámhossz spektrumában, így LED világítás tervezésekor mindenképpen a spektrofotométeres vagy az ELF mérések alkalmazandók.

A szarvasmarhának keskeny a binokuláris látótér, de 330 fokban lát [17, 19]. Ennek következtében, ahhoz, hogy olyan mérést végezzenek, amely a szarvasmarha szemszögéből ad eredményt, két különböző irányú horizontális mérés összegzése a legkedvezőbb. Az ELF analízis módszerével láthatóvá válik a képen a fényforrás elhelyezkedése és a színek előfordulása a látótér minden szögében, amely lehetővé teszi a túl nagy vagy túl kicsi fényintenzitású helyek felismerését. A horizontális méréssel a szemet érő fényintenzitás mérése is lehetséges. A

Az istállók tervezésénél fontos, hogy minél több természetes fény jusson be, ami energiatakarékosabbá teszi a világítást

A laktáció ideje alatt a hosszú nappalok, a szárazonállás időszaka alatt viszont a rövid nappalok hatása előnyös

pupilla méretének ismerete nélkül azonban nem tudható biztosan, mennyi foton éri a szemet, mivel a pupilla mérete szabályozza, hogy mennyi fény éri a retinát.

Az istállók tervezésénél fontos, hogy minél több természetes fény jusson be, ami energiatakarékosabbá teszi a világítást. További fejlesztésként kialakíthatók olyan fényforrások, amelyek érzékelik a bejutó természetes fény mennyiségét, hogy ehhez alkalmazkodva bocsássonak ki fényt. A szenzorok által mért paraméterként LINDKVIST a spektrális sugárzást vagy a spektrális fotonsugárzást javasolja, hogy mind a fény intenzitásáról, mind a színről kaphassunk információt [8].

MEGVITATÁS

A fotoperiódus igazolható hatással bír az állatok egészségi állapotára, jóllétére és termelési mutatóira. A szarvasmarhákval kapcsolatos kutatási eredmények alátámasztják, hogy érdemes kiegészítő megvilágítást alkalmazni a termelő állományokban, a termelés céljának (tej-, ill. hústermelés) és a termelési csoport figyelembevételével. A laktáció ideje alatt a hosszúnappalos időszakok kedvezően hatnak a termelő állatokra, azonban mindenképpen szükséges a napi, legalább 6 órányi egybefüggő sötét periódus biztosítása. A szárazonállás időszaka alatt viszont a rövid nappalok hatása bizonyul előnyösnek.

Igen jelentős tényező a szükséges megvilágítás szempontjából a megfelelő fényforrás kiválasztása. Hosszú élettartamú, hatékony, energiatakarékos fényforrásokra van szükség, különösen a megnövekedett energiaárakra való tekintettel. Fontos, hogy a megvilágítás ne zavarja az állatokat, ne okozzon kedvezőtlen viselkedésváltozásokat. A LED világítás minden említett szempontból a legmegfelelőbb a fénykiegészítésben.

A fénykiegészítés hullámhossz-összetételének termelésre gyakorolt hatásáról igen kevés eredmény áll rendelkezésre, ezért érdemes lenne a jövőben erre vonatkozóan is kutatást folytatni.

IRODALOM

- Hansen PJ, Kamwanja LA, Hauser ER (1982) The effect of photoperiod on serum concentrations of luteinizing and follicle stimulating hormones in prepubertal following ovariectomy and estradiol injection. *Theriogenology* 18:551–559. [https://doi.org/10.1016/0093-691x\(82\)90187-x](https://doi.org/10.1016/0093-691x(82)90187-x)
- Schillo K., Hansen PJ, Kamwanja LA, Dierschke DJ, Hauser ER (1983) Influence of season on sexual development in heifers: age at puberty as related to growth and serum concentrations of gonadotropins, prolactin, thyroxine and progesterone. *Biol Reprod* 28:329–341. <https://doi.org/10.1095/biolreprod28.2.329>
- Oster H, Maronde E, Albrecht U (2002) The Circadian Clock as a Molecular Calendar. *Chronobiol Int* 19:507–516. <https://doi.org/10.1081/cbi-120004210>
- Dijk DJ, Archer SN (2009) Light, Sleep and Circadian Rhythms: Together Again. *PLOS Biol* 7:e1000145. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000145>
- Lucas RJ, Lall GS, Allen AE, Brown TM (2012) How Rod, Cone, and Melanopsin Photoreceptors Come Together to Enlighten the Mammalian Circadian Clock. *Prog Brain Res* 199:1–18. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-59427-3.00001-0>
- Hébert M, Hersch RD, Emmel P (2014) Fundamentals of Optics and Radiometry for Color Reproduction. In: Kriss M (ed) *Handbook of Digital Imaging*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK, pp 1–57
- Hjalmarsson F, Olsson I, Ferneborg S, Agenäs S, Ternman E (2014) Effect of low light intensity at night on cow traffic in automatic milking systems. *Anim Prod Sci* 54:1784. <http://dx.doi.org/10.1071/AN14215>
- Lindkvist S. (2019) Light for dairy cows – Methods to measure light in dairy barns. Degree Project. Swedish University of Agricultural Sciences Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science Department of Animal Nutrition and Management, pp 59
- ASABE (2006) Lighting Systems for Agricultural Facilities. ASABE Standards P344.3 Jan 2005. American Society of Agricultural and Biological Engineers, St Joseph, Michigan
- Dhuyvetter KC, Schroeder TC (2000) Price-Weight Relationships for Feeder Cattle. *Can J Agric Econom* 48:299–310. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7976.2000.tb00281.x>
- Kammel D, Homes BJ (2003) Calf environment and housing. In: Hoffman PC, Plourd R (eds) *Raising Dairy Replacement*, Midwest Plan Service, Iowa State University, Ames Iowa, pp 37–46
- <https://pixinfo.com/>
- <https://www.vled.hu>
- Phillips CJC, Weiguo L (1991) Brightness discrimination abilities of calves relative to those of humans. *Appl Anim Behav Sci* 31:25–33. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(91\)90150-V](https://doi.org/10.1016/0168-1591(91)90150-V)
- Buyserie A, Gamroth M, Dahl G (2001) Managing light in dairy barns for increased milk production. Oregon State University Extension Service, PNW 551
- Rao TKS, Ranganatha SK, Kumar B (2017) Photoperiod management is dairy herd: a review. *International Journal of Science, Environment and Technology* 6:669–683

17. Grandin T (1980) Observations of cattle behavior applied to the design of cattle-handling facilities. *Appl Anim Ethol* 6:19–31. [https://doi.org/10.1016/0304-3762\(80\)90091-7](https://doi.org/10.1016/0304-3762(80)90091-7)
18. Philips JC, Lomas CA (2001) The Perception of Color by Cattle and its Influence on Behavior. *J Dairy Sci* 84:807–813. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(01\)74537-7](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(01)74537-7)
19. Sjaastad OV, Sand O, Hove K (2012) *Physiology of Domestic Animals*. Scandinavian Veterinary Press, Oslo
20. Dyce K, Sach W, Wensing CJ (2010) *Textbook of Veterinary anatomy*. Fourth ed. Sanders Elsevier
21. Gilbert BJ (1985) Color Vision in the Bovine. All Graduate Theses and Dissertations, 4117. Utah State University, Logan, Utah, pp 83
22. Götz S, Raoult CMC, Reiter K, Wensch-Dorendorf M, Werner D, von Borell E (2020) Influence of Different LED Light Colour Temperatures on the Preference Behaviour of Weaned Piglets. *Agriculture* 10:594. <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture10120594>
23. Paronis E, Kapogiannatou A, Paschidis K, Stasinopoulou M, Alexakos P, Skalióra I, Kostomitsopoulos NG (2018) Lighting Environment: What Colour of Light Do Male Prefer? *Appl Anim Behav Sci* 209:99–103
24. Behar-Cohen F, Martinsons C, Viénot F, Zissis G, Barlier-Salsi A, Cesarini JP, Enouf O, Garcia M, Picaud S, Attia D (2011) Light-Emitting Diodes (LED) for Domestic Lighting: Any Risks for the Eye? *Prog Retin Eye Res* 30:239–257. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2011.04.002>
25. Wilson AM, Wright TC, Cant JP, Osborne VR (2022) Preferences of Dairy Cattle for Supplemental Light-Emitting Diode Lighting in the Resting Area. *Animals* 12:1894. <https://doi.org/10.3390/2022051894>
26. Neitz J, Jacobs GH (1989) Spectral Sensitivity of Cones in an Ungulate. *Vis Neurosci* 2:97–100. <https://doi.org/10.1017/S0952523800011949>
27. Lindkvist S, Terman E, Ferneborg S, Bankestad D, Lindkvist J, Ekesten B, Agenes S (2021) Effects of achromatic and chromatic lights on pupillary response, endocrinology, activity, and milk production in dairy cows. *PLoS One* 16:e0253776. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253776>
28. Paul KN, Saafir TB, Tosini G (2009) The Role of Retinal Photoreceptors in the Regulation of Circadian Rhythms. *Rev Endocr Metab Disord* 10:271–278. <https://doi.org/10.1007/s11554-009-9120-x>
29. Reiter RJ (1991) Pineal melatonin: cell biology of its synthesis and of its physiological interactions. *Endocr Rev* 12:151–180. <https://doi.org/10.1210/edrv-12-2-151>
30. Gáspárdy A, Béri B (2015) A kiegészítő világítási rendszerek terjedése a kérődzők tartástechnológiájában. *Állattenyésztés és Takarmányozás* 64:296–310
31. Honma S (2018) The Mammalian Circadian System: A Hierarchical Multi-Oscillator Structure for Generating Circadian Rhythm. *J Physiol Sci* 68:207–219. <https://doi.org/10.1007/s12576-018-0597-5>
32. Lawson TJ, Kennedy AD (2001) Inhibition of nighttime melatonin secretion in cattle: threshold light intensity for dairy heifers. *Canadian J Anim Sci* 81:153–156. <https://doi.org/10.4141/A00-058>
33. Auchtung TL, Rius AG, Kendall PE, McFadden TB, Dahl GE (2005) Effect of photoperiod during the dry period on prolactin, prolactin receptor and milk production of dairy cows. *J Dairy Sci* 88:121–127. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(05\)72669-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(05)72669-2)
34. Márton A, Pál L, Bartos Á, Husvéth F (2015) A fény szerepe a nőivarú állatok szaporodásában. *Állattenyésztés és Takarmányozás* 64:257–272
35. Dahl G, Petitclerc D (2003) Management of photoperiod in the dairy herd for improved production and health. *J Anim Sci* 81:11–17. <https://doi.org/10.2527/2003.81suppl.311x>
36. Petitclerc D, Peters RR, Chapin LT, Oxender WD, Refsal KR, Braun RK, Tucker HA (1983b) Effect of blinding and pinealectomy on photoperiod and seasonal variations in secretion of prolactin in cattle. *Proc Soc Exp Biol Med* 174:205–211. <https://doi.org/10.3181/00379727-174-41726>
37. Hattar S, Liao HW, Takao M, Berson DM, Yau KW (2002) Melanopsin containing retinal ganglion cells: architecture, projections, and intrinsic photosensitivity. *Science* 295:1065–1070. <https://doi.org/10.1126/science.1069609>
38. Sharp DC (2011) Melatonin. In: McKinnon AO, Squires EL, Vaalan WE, Varner DD (eds) *Equine reproduction*. Wiley-Blackwell, Ames Iowa, pp 1671–1678
39. Wahl S, Engelhardt M, Schaupp P, Lappe C, Ivanov IV (2019) The Inner Clock – Blue Light Sets the Human Rhythm. *J Biophotonics* 12:e201900102. <https://doi.org/10.1002/%2Fjbio.201900102>
40. Gooley JJ, Lu J, Chou TC, Scammell TE, Saper CB (2001) Melanopsin in Cells of Origin of the Retinohypothalamic Tract. *Nat Neurosci* 4:1165. <https://doi.org/10.1038/nn768>
41. Berson DM, Dunn FA, Takao M (2002) Phototransduction by Retinal Ganglion Cells That Set the Circadian Clock. *Science* 295:1070–1073. <https://doi.org/10.1126/science.1067262>
42. Kofuji P, Mure LS, Massman LJ, Purrier N, Panda S, Engeland WC (2016) Intrinsically Photosensitive Retinal Ganglion Cells (ipRGCs) Are Necessary for Light Entrainment of Peripheral Clocks. *PLoS ONE* 11:e0168651. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168651>
43. Takahashi JS, Zatz M (1982) Regulation of circadian rhythmicity. *Science* 217:1104–1111. <https://doi.org/10.1126/science.6287576>
44. Evans NM, Hacker RR (1989) Effect of chronobiological manipulation of lactation in the dairy cow. *J Dairy Sci* 72:2921–2927. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(89\)79443-1](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(89)79443-1)
45. Tiilikainen H (2015) The cow eye function and effect of light on milk yield. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala
46. Wickström D (2016) The vertical light gradient in animal husbandry indoors and outdoors. Lund University, Lund
47. West KE, Jablonski MR, Warfield B, Cecil KS, James M, Ayers MA, Maida J, Bowen Ch, Sliney DH, Rollag MD, Hanifin JP, Brainard GC (2011) Blue light from light-emitting diodes elicits a dose-dependent suppression of melatonin in humans. *J Appl Physiol* 110:619–626. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01413.2009>
48. Auchtung TL, Salak-Johnson JL, Morin DE, Mallard CC, Dahl GE (2004) Effects of photoperiod during the dry period on cellular immune function of dairy cows. *J Dairy Sci* 87:3683–3689. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(04\)73507-9](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(04)73507-9)
49. Dahl GE, Buchanan BA, Tucker HA (2000) Photoperiodic Effects on Dairy Cattle: A Review. *J Dairy Sci* 83:885–893. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74952-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74952-6)
50. Hansen PJ (1985) Seasonal modulation of puberty and the postpartum anestrus in cattle: a review. *Livest Prod Sci* 12:309–327. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(85\)90131-9](https://doi.org/10.1016/0301-6226(85)90131-9)
51. Hansen PJ, Kamwanja LA, Hauser ER (1983) Photoperiod influences age at puberty of heifers. *J Anim Sci* 57:985–992. <https://doi.org/10.2527/jas1983.574985x>
52. Peters RR, Chapin LT, Emery RS, Tucker HA (1980) Growth and

hormonal response of heifers to various photoperiods. *J Anim Sci* 51:1148–1153. <https://doi.org/10.2527/jas1980.5151148x>

53. Dahl GE, Tao S, Thompson IM (2012) Effects of photoperiod on mammary gland development and lactation. *J Anim Sci* 90:755–760. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4630>

54. Velasco JM, Reid ED, Fried KK, Gressley TF, Wallace RL, Dahl GE (2008) Short day photoperiod increase milk yield in cows with reduced dry period. *J Dairy Sci* 91:3467–3473. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1028>

55. Peters RR, Chapin LT, Leining KB, Tucker HA (1978) Supplemental lighting stimulates growth and lactation in cattle. *Science* 199:911–912. <https://doi.org/10.1126/science.622576>

56. Small JA, Glover ND, Kennedy AD, McCaughey WP, Ward DR (2003) Photoperiod effects on the development of beef heifers. *Can J Anim Sci* 83:721–730. <http://dx.doi.org/10.4141/A03-005>

57. Rius A, Connor E, Capuco A, Kendall P, Auchtung-Montgomery T, Dahl G (2005) Long-day photoperiod that enhances puberty does not limit body growth in Holstein heifers. *J Dairy Sci* 88:4356–4365. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(05\)73122-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(05)73122-2)

58. Tihomirova L, Kolchin P (1978) Effect of light regimen on cows and calves. *Veterinaria* 5:30–32

59. Zinn SA, Purchas RW, Chapin LT, Petitclerc D, Merkel RA, Bergen WG, Tucker HA (1986) Effects of photoperiod on growth, carcass composition, prolactin, growth hormone and cortisol in prepubertal and postpubertal Holstein heifers. *J Anim Sci* 63:1804–1815. <https://doi.org/10.2527/jas1986.6361804x>

60. Petitclerc D, Chapin LT, Emery RS, Tucker HA (1983a) Body growth, growth hormone, prolactin and puberty response to photoperiod and plane of nutrition in Holstein heifers. *J Anim Sci* 57:892–898. <https://doi.org/10.2527/jas1983.574892x>

61. Mossberg I, Jönsson H (1996) The influence of day length and temperature on food intake and growth rate of bulls given concentrate or grass silage ad libitum in two housing systems. *Anim Sci* 62:233–240. <https://doi.org/10.1017/S1357729800014533>

62. Tucker HA (1979) Daily light-dark cycles increase growth and lactation. Unpublished data. Michigan State University, Michigan

63. Cernik CC, Schake LM, Byers FM, McDonald RM (1980) Artificial lighting for cattle feedlots. Texas Cattle Feeders Association, Texas. <http://www.tcfa.org/2015.07.20>

64. Nerwich JW (1979) Influence of types of lightings on performance of feedlot cattle. Master of Agriculture Professional Paper. Texas A&M University, Texas

65. Petitclerc D, Chapin LT, Tucker HA (1984) Carcass composition and mammary development responses to photoperiod and plane of nutrition in Holstein heifers. *J Anim Sci* 58:913–919. <https://doi.org/10.2527/jas1984.584913x>

66. Newbold JA, Chapin LT, Zinn SA, Tucker HA (1991) Effects of photoperiod on mammary development and concentrations of hormones in serum of pregnant dairy heifers. *J Dairy Sci* 74:100–108. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78149-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78149-6)

67. Reksen O, Tverdal A, Landsverk K, Kommisrud E, Bøe KE, Ropstad E (1999) Effects of photointensity and photoperiod on milk yield and reproductive performance of Norwegian Red Cattle. *J Dairy Sci* 82:810–816. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(99\)75300-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(99)75300-2)

68. Marcek JM, Swanson LV (1984) Effect of photoperiod on milk production and prolactin of Holstein dairy cows. *J Dairy Sci* 67:2380–2388. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(84\)81586-6](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(84)81586-6)

69. Park, J-R, Yoon N-J, Belal SA, Shim K-S (2018) Effect of LED

Lighting Time on Productivity, Blood Parameters and Immune Responses of Dairy Cows. *Korean J Org Agric* 26:515–532. <http://dx.doi.org/10.11625/KJOA.2018.26.3.515>

70. Lindkvist S, Ferneborg, S, Stahlberg K, Bankestad D, Ekestén B, Agenas S, Ternman E (2023) Effect of light intensity, spectrum, and uniformity on the ability of dairy cows to navigate through an obstacle course. *J Dairy Sci* 106:7698–7710 <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23469>

71. González-Barragán I, Calzada JIH (2014) Influence of artificial lighting in milk production of dairy cows. Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, July 2014. Ref C0698

72. Tucker HA (1992) Manipulation of photoperiod to improve lactation, growth, and reproduction. In: Van Horn HH, Wilcox CJ (eds) Large Dairy Herd Management. American Dairy Science Association, Champaign, pp 146–152

73. Peters RR, Chapin LT, Emery RS, Tucker HA (1981) Milk yield, feed intake, prolactin, growth hormone and glucocorticoid response of cows to supplemental light. *J Dairy Sci* 64:1671–1678. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(81\)82745-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(81)82745-2)

74. Stanisiewski EP, Mellenberger RW, Anderson CR, Tucker HA (1985) Effect of photoperiod on milk yield and milk fat commercial dairy herds. *J Dairy Sci* 68:1134–1140. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(85\)80939-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)80939-5)

75. Bilodeau PP, Petitclerc D, St. Pierre N, Pelletier G, St. Laurent GJ (1989) Effects of photoperiod and pair-feeding on lactation of cows fed corn or barley grain in total mixed rations. *J Dairy Sci* 72:2999–3005. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(89\)79452-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(89)79452-2)

76. Phillips CJC, Schofield SA (1989) The effect of supplementary light on the production and behavior of dairy cows. *Anim Prod* 48:293–303. <https://doi.org/10.1017/S0003356100040290>

77. Dahl GE, Elsasser TH, Capuco AV, Erdman RA, Peters RR (1997) Effects of long day photoperiod on milk yield and circulating insulin-like growth factor-1. *J Dairy Sci* 80:2784–2789. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(97\)76241-6](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(97)76241-6)

78. Miller ARE, Stanisiewski EP, Erdman RA, Douglass LW, Dahl GE (1999) Effects of long daily photoperiod and bovine somatotropin (Trobect) on milk yield in cows. *J Dairy Sci* 82:1716–1722. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(99\)75401-9](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(99)75401-9)

79. Chastain JP, Hiatt RS (1998) Supplemental lighting for dairy milk production. Electric Power Research Institute Bulletin, National Food and Energy Council, Columbia

80. Peters RR, Tucker HA (1978) Prolactin and growth hormone responses to photoperiod in heifers. *Endocrinology* 103:229–234. <https://doi.org/10.1210/endo-103-1-229>

81. Tucker HA, Petitclerc D, Zinn SA (1984) The influence of photoperiod on body weight gain, body composition, nutrient intake and hormone secretion. *J Anim Sci* 59:1610–1620. <https://doi.org/10.2527/jas1984.5961610x>

82. Crawford HM, Morin DE, Wall EH, McFadden TB, Dahl GE (2015) Evidence for a role of prolactin in mediating effects of photoperiod during the dry period. *Animals* 5:803–820. <https://doi.org/10.3390/2Fani5030385>

83. Buchanan BA, Chapin LT, Tucker HA (1993) Effect of 12 weeks of daily melatonin on lactation and prolactin in dairy cows. *J Dairy Sci* 76:288 (Abstr)

84. Sanchez-Barcelo EJ, Mediavilla MD, Zinn SA, Buchanan BA, Chapin LT, Tucker HA (1991) Melatonin suppression of mammary growth in heifers. *Biol Reprod* 44:875–879. <https://doi.org/10.1095/biolreprod44.5.875>

85. Smith JD (1998) Melatonin feeding that stimulates a short day photoperiod (SDPP) suppresses circulating insulin-like growth-factor-I (IGF-I) in pre-pubertal heifers. MSc Thesis, University of Maryland, College Park
86. Plaut K, Bauman DE, Agergaard N, Akers RM (1987) Effect of exogenous prolactin administration on lactational performance of dairy cows. *Domest Anim Endocrinol* 4:279–290. [https://doi.org/10.1016/0739-7240\(87\)90024-5](https://doi.org/10.1016/0739-7240(87)90024-5)
87. Auldjst MJ, Turner SA, McMahon CD, Prosser CG (2007) Effects of melatonin on the yield and composition of milk from grazing dairy cows in New Zealand. *J Dairy Res* 74:52–57. <https://doi.org/10.1017/S0022029906002160>
88. Koprowski JA, Tucker HA (1973) Serum prolactin during various physiological states and its relationship to milk production in the bovine. *Endocrinology* 92:1480–1487. <https://doi.org/10.1210/endo-92-5-1480>
89. Lacasse P, Lollivier V, Bruckmaier RM, Boisclair YR, Wagner GF, Boutinaud M (2011) Effect of the prolactin-release inhibitor quinagolide on lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 94:1302–1309. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3649>
90. Accorsi PA, Pacioni B, Pezzi C, Forni M, Flint DJ, Seren E (2002) Role of prolactin, growth hormone and insulin-like growth factor 1 in mammary gland involution in the dairy cow. *J Dairy Sci* 85:507–513. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74102-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74102-7)
91. Anderson LL, Hard DL, Trenkle AH, Cho SJ (1999) Long-term growth after hypophyseal stalk transection and hypophysectomy of beef calves. *Endocrinology* 140:2405–2414. <https://doi.org/10.1210/endo.140.5.6735>
92. Spicer LJ, Buchanan BA, Chapin LT, Tucker HA (1994) Effect of 4 months of exposure to various durations of light on serum insulin-like growth factor-1 (IGF-1) in prepubertal Holstein heifers. *J Anim Sci* 72:178 (Abstr)
93. Prosser CG, Fleet IR, Corps AN, Froesch ER, Heap RB (1990) Increase in milk secretion and mammary blood flow by intra-arterial infusion of insulin-like growth factor-I into the mammary gland of the goat. *J Endocrinol* 126:437–443. <https://doi.org/10.1677/joe.0.1260437>
94. Prosser CG, Davis SR, Farr VC, Moore LG, Gluckman PD (1994) Effects of close-arterial (external pudic) infusion of insulin-like growth factor-II on milk yield and mammary blood flow in lactating goats. *J Endocrinol* 142:93–99. <https://doi.org/10.1677/joe.0.1420093>
95. Tucker HA (2000) Hormones, mammary growth, and lactation: a 41-year perspective. *J Dairy Sci* 83:875–885. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74951-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74951-4)
96. Glimm DR, Baracos VE, Kennelly JJ (1988) Effect of bovine somatotropin on the distribution of immunoreactive insulin-like growth factor-1 in lactating bovine mammary tissue. *J Dairy Sci* 71:2923–2935. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79890-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79890-2)
97. Kendall PE, Auchtung TL, Swanson KS, Radcliff RP, Lucy MC, Drackley JK, Dahl GE (2003) Effect of photoperiod on hepatic growth hormone receptor 1A expression in steer calves. *J Anim Sci* 81:1440–1446. <https://doi.org/10.2527/2003.8161440x>
98. Collier RJ, Miller MA, McLaughlin CL, Johnson HD, Baile CA (2008) Effects of recombinant bovine somatotropin (rbST) and season on plasma and milk insulin-like growth factors I (IGF-I) and II (IGF-II) in lactating dairy cows. *Domest Anim Endocrinol* 35:16–23. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2008.01.003>
99. Zinn SA, Chapin LT, Enright WJ, Schroeder AL, Stanisiewski EP, Tucker HA (1988) Growth, carcass composition and plasma melatonin in postpubertal beef heifers fed melatonin. *J Anim Sci* 66:21–27. <https://doi.org/10.2527/jas1988.66121x>
100. Dahl GE, Chastain JP, Peters RR (1998) Manipulation of photoperiod to increase milk production in cattle: biological, economic, and practical considerations. In: Chastain JP (ed) *Proceedings of the 4th International Dairy Housing Conference*, American Society of Agricultural and Biological Engineers, St Joseph, Michigan, pp 259–265
101. Miller ARE, Douglass LW, Erdman RA, Dahl GE (2000) Effects of photoperiodic manipulation during the dry period of dairy cows. *J Dairy Sci* 83:962–967. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74960-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74960-5)
102. Petitclerc D, Vinet C, Roy G, Lacasse P (1998) Prepartum photoperiod and melatonin feeding on milk production and prolactin concentrations of dairy heifers and cows. *J Dairy Sci* 81:251 (Abstr)
103. Reid ED, Auchtung TL, Morin DE, McFadden TB, Dahl GE (2004) Effects of 21-day short day photoperiod (SDPP) during the dry period on dry matter intake and subsequent milk production in cows. *J Dairy Sci* 87:424 (Abstr)
104. Wall EH, Auchtung TL, Dahl GE, Ellis SE, McFadden TB (2005a) Exposure to short day photoperiod enhances mammary growth during the dry period of dairy cows. *J Dairy Sci* 88:1994–2003. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72875-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72875-7)
105. Wall EH, Auchtung TL, Montgomery TL, Dahl GE, McFadden TB (2005b) Short Communication: Short day photoperiod during the dry period decreases expression of suppressors of cytokine signaling in the mammary gland of dairy cows. *J Dairy Sci* 88:3145–3148. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72997-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72997-0)
106. Crawford HM, Dauderman J, Morin DE, McFadden TB, Dahl GE (2005) Evidence of a role of prolactin in mediating photoperiodic effects during the dry period. *J Anim Sci* 83:363 (Abstr)
107. Auchtung TL, Dahl GE (2004) Prolactin mediates photoperiodic immune enhancement: Effects of administration of exogenous prolactin on circulating concentrations, receptor expression and immune function in steers. *Biol Reprod* 71:1913–1918. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.104.031005>
108. Auchtung TL, Kendall PE, Salak-Johnson J, McFadden TB, Dahl GE (2003) Photoperiod and bromocriptine treatment effects on expression of prolactin receptor mRNA in bovine liver, mammary gland and peripheral blood lymphocytes. *J Endocrinol* 179:347–356. <https://doi.org/10.1677/joe.0.1790347>
109. Dorzh B (1985) Effect of artificial radiation and lighting on the reactivity of calves. *Moscow Veterinary Academy, Moscow*, pp 8
110. Jonker J, Kohn R, High J (2002) Dairy Herd Management Practices that Impact Nitrogen Utilization Efficiency. *J Dairy Sci* 85:1218–1226. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74185-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74185-4)
111. Dunlap T, Kohn R, Dahl G, Erdman R, Varner M (2000) The impact of bovine somatotropin, three times daily milking or extended photoperiod on nitrogen flows from dairy farms. *J Dairy Sci* 83:968–976. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74961-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74961-7)
112. Belyaev V, Gorbunova E (1973) Effect of lightning in premises on milk yield of cows. *Veterinaria* 11:29–31
113. Philips JC, Arab TM (1998) The preference of individually-penned cattle to conduct certain behaviours in the light or the dark. *Appl Anim Behav Sci* 58:183–187. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(97\)00019-1](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(97)00019-1)
114. Philips CJC, Morris ID, Lomas CA, Lockwood SL (2000) The Locomotion of Dairy Cows in Passageways with Different Light Intensities. *Animal welfare* 9:421–431. <https://doi.org/10.1017/S0962728600023009>
115. Yeates NTM (1955) Photoperiodicity in cattle. I. Seasonal changes in coat character and their importance in heat regulation. *Aust J Agric Res* 6:891–902. <https://doi.org/10.1071/AR9550891>

116. Munksgaard L, Rushen J, de Passillé AM, Krohn CC (2011) Forced versus free traffic in an automated milking system. *Livest Sci* 138:244–250. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.12.023>
117. Karvetski KE, Velasco JM, Reid ED, Salak-Johnson JL, Dahl GE (2006) Behavioral time budget of dry cows: Photoperiod alters distribution of maintenance behaviours. *J Anim Sci* 84:410
118. Tanida H, Swanson LV, Hohenboken WD (1984) Effect of Artificial Photoperiod on Eating Behavior and Other Behavioral Observations of Dairy Cows. *J Dairy Sci* 67:585–591. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81342-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81342-9)
119. Varlyakov I (1991) A study on the eating behaviour of lactating cows by a recording apparatus. *Proceedings of the 7th International Congress on Animal Hygiene, Leipzig, August 1991*, pp 1101–1106
120. Varlyakov I, Dinev D, Radev V, Slavov T (2007) Ethological evaluation of large measured building for dairy cows reared in individual cubicles. *Trakia J Sci* 5:52–58
121. Varlyakov I, Radev V, Slavov T, Grigorova N (2010) Ethological evaluation of a building for free housing of dairy cows. I. Behavioural activities in the summer. *Trakia J Sci* 8:222–229
122. Abrosimova R (1978) Effect of lighting on gaseous exchange and productivity in large ruminants. *Anim Sci* 2:87–88
123. Macuhova J, Bruckmaier RM (2004) Diurnal changes of oxytocin release during automatic milking. In: Meijering A, Hogeveen H, de Koning CJAM (eds) *Automatic Milking A Better Understanding*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, pp 502
124. Rist M, Berthoud A, Heusser H (1974) Über Belichtung und Beleuchtung in Ställen, unter besonderer Berücksichtigung der Belichtungsverhältnisse in neueren schweizerischen Rindviehställen. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde* 116:659–677
125. Clarke S, House H (2006) Energy efficient dairy lighting. Fact-sheet. Agricultural Information Contact Centre, Ontario, Order Nr 06–007. <http://omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/06-007.pdf>
126. Miteva Ch (2012) Hygienic aspects of freerange production systems for dairy cows. Monograph. Academic Publishing House of the Trakia University, Stara Zagora
127. Rius A, Dahl GE (2006) Exposure to Long-Day Photoperiod Prepubertally May Increase Milk Yield in First-Lactation Cows. *J Dairy Sci* 89:2080–2083. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72277-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72277-9)
128. Faigl V, Galamb E (2014) A fotoperiódus hatása a tejelő tehenek termelésére. *Holstein Magazin*, 22:36–40
129. Dahl GE (2006) Effect of photoperiod on feed intake and animal performance. In: *Proceedings of the 2006 Tri-State Dairy Nutrition Conference, Fort Wayne, April 2006*, pp 33–36
130. Hörndahl T, Neuman L (2012) Energiförbrukning i jordbrukets driftsbyggnader en kartläggning av 16 gårdar 2005–2006 kompletterat mätningar på två gårdar 2012–2012. Rapportserie. Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp. https://pub.epsilon.slu.se/9105/11/horndahl_et_al_121001.pdf
131. Moscho E (2014) LEDs give dairy facilities more light for less energy. *Progressive Dairyman* 4:40–41
132. Wright M (2015) LED lighting increases milk production at Michigan dairy. <https://www.ledsmagazine.com/horticultural-lighting/agriculture-aquaculture/article/16696659/led-lighting-increases-milk-production-at-michigan-dairy>. Accessed 18 Jan 2023
133. Loshkarev YI, Shirobokova TA, Shuvalova LA (2019) Automation of artificial lighting for dairy herd cows. *J Physics Conference Series*: 1333:042018
134. Jeppsson K-H, Nilsson DE, Wachenfelt H von, Hörndahl T (2014) Dimensionering av belysningsstyrka i djurstallar med programmet DiaLux och en kvantitativ jämförelse av ljusmiljö i beteshagar och kostallar. Rapportserie. Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp. https://pub.epsilon.slu.se/11594/7/jeppsson_et_al_141015.pdf
135. Hagner (2018) ScreenMaster – Hagner Measures Light <http://www.hagner.se/products/detail/14/>. Accessed 10 Jan 2023
136. Nilsson DE, Smolka J (2021) Quantifying biologically essential aspects of environmental light. *J R Soci Interface* 18:20210184. <https://doi.org/10.1098/rsif.2021.0184>
137. Corey PL (2009) Spectrophotometry. <https://www.nist.gov/programs-projects/spectrophotometry>. Accessed 10 Jan 2023

Közlésre ér.: 2023. okt. 30.

Let's do
it smart!

Afilaria[®] SR

endo

Egyetlen injekció a teljes szúnyogszezonban!



**Dirofilariozis megelőzése
egyetlen injekcióval.**

Kizárólag állatorvosoknál elérhető,

így garantált a megfelelő alkalmazás.

PARASITICIDE RANGE

AFILARIA[®] SR **3,4mg/ml moxidektin injekció kutyáknak**



- Hatékony preventív védelem **dirofilariózis** (*D. immitis* és *D. repens*) **ellen, a teljes szúnyogszezonban**
- Hatékony kezelés a fonálférgek ellen (*A. caninum* és *U. stenocephala*)
- **A moxidektin lassú felszabadulása az Afilaria[®] SR** eredeti microsphere biztonságos és védett* technológiájának köszönhetően
- **3 hónapig eltartható hűtőben** (elkészítés után)
- Több mint kétmillió kezelt kutya



*A nemzetközi szabadalom a Fatro kizárólagos tulajdona
WO 2017/045966

Shaping the future
of animal health

Virbac

Clinical and laboratory
diagnosis of bovine
respiratory disease complex (BRDC) under field
veterinary
conditions

Literature review

J. Sáfár^{1,2*}

P. Hejel¹

B. Vass-Bognár¹

L. Kiss³

L. Könyves¹

1. Állatorvostudományi Egyetem,
Állathigiéniai, Állomány-
egészségtani Tanszék
és Mobilklinika,
1078 Budapest, István u. 2.

2. Vet-Med-Labor Zrt.,
Budapest

3. Kossuth 2006 Mg. Zrt.,
Jászárokszállás

*e-mail: safar.janoss@gmail.com

A szarvasmarhák légzőszervi betegségkomplexének klinikai és labordiagnosztikai vonatkozásai a telepi állatorvosi gyakorlatban Irodalmi összefoglaló

Sáfár János^{1,2*}, Hejel Péter¹, Vass-Bognár Barbara¹, Kiss László³,
Könyves László¹

ÖSSZEFOGLALÁS

Bár a BRDC (bovine respiratory disease complex, a szarvasmarhák légzőszervi betegségkomplexe) kórfejlődésének alapjai ismertek, a környezet, a kórokozók és a szervezet közötti kölcsönhatások megértése, a korai felismerés és a kezelés kihívásokkal teli. A diagnosztika, a terápia és a megelőzés komplex gondolkodást igényelnek. A gyakorlatban több módszer, eszköz áll az állatorvos rendelkezésére, amelyekkel meghatározható a BRDC súlyossága, a kezelés iránya és a prognózis. Közleményünkben a szerzők áttekintik az állomány-egészségügyi és klinikai vizsgálati eszközöket és módszereket. Bemutatják a fontosabb laboratóriumi módszerek előnyeit és korlátait, kitérve a mintavételekre és az eredmények interpretációjára, segítve a BRDC kontrollját célzó állomány-egészségügyi munkát.

SUMMARY

The pathogenesis of bovine respiratory disease complex (BRDC) in cattle is well known. As a multifactorial disease, the understanding of the interactions between the environment, the pathogens and the host are essential and requires a complex approach. Successful management of the disease integrates the recognition of pathogens and predisposing management and environmental factors, the effective diagnostics and targeted, timely treatment. Regular and thorough clinical examination is often problematic in practical farm conditions due to the limited time, manpower, and technical and environmental conditions. Fortunately, a wide range of clinical scoring systems are developed as suitable and practical methods monitoring the presence of sick animals at individual and group level in the herds. In addition, a wide range of laboratory diagnostic tools and methods are available to veterinary practitioners. Some tests can be performed on farm, or even can be integrated into the routine herd health management practices of the farm. However, the conclusions that can be drawn from laboratory tests are largely determined by the type of samples and the sampling conditions. For this reason, our goal was to overview the practical methods and tools and their clinical, diagnostic and herd-health relevance. The most important diagnostic laboratory methods are also discussed regarding their benefits and limitations, the relevant informations about the aspects of sample collection and prelaboratory sample handling, as well as the interpretation of the laboratory results and their use in the herd health management practices. The present study aims to help the field veterinary practitioners to get relevant informations for improving the effectiveness of their diagnostic, therapeutic and preventive activities in the herd-health control of BRDC in the cattle farms.

SZARVASMARHA

A szarvasmarhák légzőszervi betegségkomplexe (bovine respiratory disease complex, BRDC) multifaktoriális megbetegedés, amelynek kialakításában fertőző ágensek (vírusok és baktériumok), klimatikus, tartástechnológiai és menedzsmenteredetű környezeti tényezők és az egyedi ellenállóképesség egyaránt meghatározóak [1–4]. A borjúkori tüdőgyulladások menedzsmentjének alapfeltétele a kóroki és hajlamosító tényezők felismerése, a hatékony diagnosztika és a célzott kezelés [5]. A környezeti hajlamosító tényezők szerepéről és diagnosztikai lehetőségeiről a közelmúltban beszámoltunk [6].

**Telepi körülmények
között korlátozottak
a BRDC korai
felismerésének
lehetőségei**

Mára állatkórházi körülmények között a diagnosztikai módszerek és eszközök széles tárháza áll rendelkezésre, azonban állattartótelepi körülmények között korlátozottak a lehetőségeink, különösen a korai felismerést illetően. Részletes klinikai vizsgálatok, nagyszámú egyeden idő és munkaerőhiány, ill. munkaszervezési okok miatt korlátozottan végezhetők. Még egyedi vizsgálatoknál is gyakori probléma, hogy nem áll rendelkezésre a megfelelő helyszín, jelentsen az vizsgálóhelyiséget vagy istálló-i rögzítő eszközöket (pl. kaloda, nyakfogó), de gondot okozhat a gyűjtött minták gyors laboratóriumba juttatása is. Ugyanakkor a megbetegedések kezeléséhez elengedhetetlenek az időben elvégzett, klinikai, és laboratóriumi diagnosztikai vizsgálatok, ezért csokorba szedjük és összehasonlítjuk a telepi körülmények között elérhető, gyakorlatias vizsgálati lehetőségeket.

KLINIKAI VIZSGÁLATOK

A légzőszervi megbetegedések tipikus tünetei közé tartozik az emelkedett légzésszám és a láz, levertség és étvágytalanság, köhögés, orr- és kötőhártya váladékozás, valamint a hallgatózással észlelhető abnormális légzési zörejek [5, 7]. Nagylétszámú állományokban azonban ezeket gyakran csak akkor észlelik, amikor már az állomány nagyobb része érintett és a tünetek kifejezettek. Egy minnesotai vizsgálat szerint pl. az állattartók specifikusan felismerik a légzőszervi megbetegedéseket, de az észlelés érzékenysége kicsi, mindössze 58% volt [8]. A BRDC esetén a lázas állapot felismerése és a légutak vizsgálata kulcsfontosságú, a klasszikus belgyógyászati diagnosztikai módszerek érzékenysége viszont csekély.

**BRDC esetén
kulcsfontosságú
a lázas állapot
felismerése és a
légutak vizsgálata**

A rektális hőmérséklet mérését diagnosztikai értéke miatt széles körben használják. Lázás állapotról általában 39,2 °C fölött beszélhetünk, borjaknál a magasabb, 39,5 °C-os határérték tekinthető irányadónak [9]. Emellett a testhőmérséklet melegben növekszik, míg magas relatív páratartalom és légmozgás esetén csökken [10], valamint a cirkadián ritmus szerint akár 1,4 °C-ot is változhat [11]. Mindezeket a lázat is alapul vevő BRDC-diagnosztikai protokolloknál is figyelembe kell venni. Munkaerőigénye miatt – főként nagy állományokban – a rendszeres testhőmérséklet-mérés nem, vagy csak részlegesen kivitelezhető. Ma már kereskedelmi forgalomban is kaphatók a testhőmérséklet valós idejű (real-time) monitorozásra alkalmas precíziós eszközök. Bizonyos típusaik a fülkagylóra erősítve és érzékelőiket a külső hallójáratba vezetve rögzítik annak hőmérsékletét. Ugyanakkor, a légzőszervi megbetegedések korai jelzésére kevésbé alkalmasak: bár kellően specifikusak, a klinikai tüneteket mutató borjaknál gyakran nem jeleznek, így érzékenységük kicsi, kismértékű. Ennek hátterében számos ok, pl. magas küszöbértékek, helytelen felhelyezés, ill. elmozdulás, az állatnak okozott kényelmetlenség és a környezeti hőmérséklet hatása is állhat [12].

KLINIKAI DIAGNOSZTIKAI PONTRENDSZEREK

A klinikai vizsgálatokat egyszerűsítendő használhatunk különféle pontrendszeren alapuló diagnosztikai sémákat, amelyekben az egyes tüneteket súlyosságuk szerinti pontozással értékeljük annak eldöntésére, hogy a meglévő tünetek mellett szükséges-e további diagnosztikai vizsgálat, kell-e kezelést alkalmazni,

vagy elegendő további megfigyelést végezni. Az ilyen pontrendszerek előnye, hogy kevés gyakorlattal és olcsón meglehetősen megbízható eszközként szolgálnak a megbetegedés súlyosságának becslésében [13–15], ugyanis több vizsgáló esetén is viszonylag objektívek, sőt, egyedi és csoportszinten is alkalmazhatók.

Az egyik legismertebb a Wisconsin-pontrendszer (Wisconsin Scoring Chart) [7], amelyben értékelhető a négy vezető tünet (láz, köhögés, orr- vagy kötőhártya-váladék, fülek állása) megléte, ill. súlyossága, ezáltal elkülöníthetők a légzőszervi problémákkal érintett és az egészséges borjak (1. táblázat). Ugyancsak a tünetekre épülő, de egyszerűsített pontozásos módszert alkalmaztak egy argentin vizsgálatban [16]. Mivel ez utóbbi rendszer csak két szintet értékel (van tünet

A Wisconsin-pontrendszer a láz, a köhögés, az orr- vagy kötőhártya-váladék, ill. a fülek állása alapján értékeli az állatokat

1. TÁBLÁZAT. Wisconsin pontrendszer [7, 73]

TABLE 1. Wisconsin scoring chart [7, 73]

Klinikai paraméter	Pontozás és értékelés			
	0	1	2	3
Rektális T (°C)	37,8–38,3	38,3–38,8	38,9–39,4	> 39,4
Köhögés	Nincs	Egyszeri (indukált)	Többszöri indukált vagy alkalmankénti spontán	Spontán ismétlődő
Orrváladék	Normál, savós váladék 	Kis mennyiségű egyoldali, pelyhes váladék 	Kétoldali pelyhes, vagy bőséges nyálkás váladék 	Bőséges, kétoldali, mucopurulens váladék 
Szem váladékozás és / vagy fül	Normál szem és fül	Enyhe szem váladékozás vagy fülrázás	Mérsékelt kétoldali szemváladékozás vagy enyhe egyoldali füllógatás	Súlyos kétoldali szemváladékozás, erős fejdaltartás, kétoldali füllógatás
	 	 	 	 

vagy nincs tünet), így még tovább csökkenthető a vizsgálatra fordított idő és az állatokat érő stressz, sőt, mivel nem igényel közvetlen érintkezést az állatokkal, így a fertőzés átvitelének is kisebb az esélye, vagyis csoportos tartásban előnyösebb. Ugyanakkor kis prevalencia esetén a testhőmérséklet ellenőrzése is szükséges, a fals pozitív jelzések csökkentésére. Bár ezek a rendszerek az ajánlások szerint heti 2–3-szori alkalmazás mellett jelentősen javítják a légzőszervi és hasmenéses megbetegedések időbeli felderítését, mégis jelentős emberi munkát igényelnek, és kivitelezésük is függ a tartásmódtól, elsősorban tejelő állományok borjainál alkalmazhatók.

ULTRAHANGOS VIZSGÁLATOK

*Ultrahangos
vizsgálattal az
elváltozások akár
már szubklinikai
esetben is
felismerhetők*

A mellkasi hallgatózásos kopogtatás szenzitivitása mindössze 5,9% az ultrahanggal detektált tüdőbeli elváltozások felismerésében [17], míg az ultrahangos vizsgálattal az elváltozásokat akár szubklinikai esetben is felismerhetjük [18]. Ugyanis a bakteriális (és olykor a vírusos) megbetegedések levegőtlen felszíni tüdőlebenyeket eredményeznek, amelyek az ultrahangképen homogén, hypoechogén szerkezetű, májhoz hasonló területként jelennek meg. Mindehhez akár egy lineáris rektális fejjel rendelkező hordozható ultrahangkészülék is elegendő lehet [18, 19], amellyel a mellkas testfelszínhez közeli területei szisztematikusan vizsgálhatók [18] és az elváltozások azok mélysége alapján osztályozhatók. Összefüggéseket találtak az egyes mikroklimatikus változókkal is: tüdőbeli szöveti elváltozások gyakorta megfigyelhetők huzatos környezetben tartott borjaknál [20]. Egy belgiumi vizsgálatban a ≥ 1 cm méretű elváltozások prevalenciája 81,8% volt a huzatos, és 54,2% a meleg, száraz, ammóniadús környezetben, szemben a normál környezeti körülményekkel, ahol 31,6%-os prevalencia volt megfigyelhető [19]. Mitöbb, hasonló méretű elváltozásokat már igen kicsi (> 4 ppm) NH_3 -koncentráció mellett is találtak [19]. Habár az ultrahangos vizsgálat a hallgatózásos kopogtatásnál idő- és eszközigényesebb, de sokkal érzékenyebb, az egyszerűbb berendezések pedig állományszinten nem jelentenek nagy költséget és más vizsgálatokra is használhatók. Ugyanakkor a heveny és idült elváltozások között nem tud különbséget tenni. Vagyis a vizsgálatkor látható elváltozások lehetnek idülték, de akár korábbi légzőszervi megbetegedésből származó hegszövetek is [21].

LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATOK

Ha a BRDC laboratóriumi diagnosztikájáról beszélünk, gyakran csak a háttérben álló fertőző ágensek kimutatására gondolunk. Természetesen ez kulcsfontosságú a megfelelő kezelés (antibiotikumok) és a megelőzési stratégiák (vakcinázás, környezeti higiénia és járványvédelmi óvintézkedések) szempontjából. Ugyanakkor a beteg állatok felismerése, a megbetegedés súlyosságának felmérésére számos egyéb laboratóriumi vizsgálatot is végez(tet)hetünk. Az itt leírtak elsősorban a mintavételre és a telepi viszonyok közötti lehetőségekre, azok előnyeire és hátrányaira fókuszálnak, az egyes fertőző ágensek mikrobiológiai és molekuláris biológiai tulajdonságai meghaladják a cikk kereteit, azokról más, részletes forrásból tájékozódhatunk.

*Alkalmanként több,
már klinikai tüneteket
mutató, de még
nem kezelt állatot
célszerű vizsgálni*

Alapelvként elmondható, hogy alkalmanként több, már klinikai tüneteket mutató, de még nem kezelt állatot célszerű vizsgálni. Olyan egyedeket kell kiválasztani, amelyek a klinikai tünetek, életkor és tartásmód szempontjából reprezentálják a megbetegedést, ezzel elkerülendő a más okból megbetegedett és elhullott állatok felesleges és drága vizsgálatát [22, 23]. Figyelembe kell venni a megbetegedés klinikai és járványtani vonatkozásait, amellyel irány szabható a diagnosztikai vizsgálatoknak. A minták megfelelő tárolása és szállítása elengedhetetlen, az autolízis

ugyanis a legtöbb vizsgálatot ellehetetleníti, vagy téves eredményre vezethet. A biokémiai és szerológiai vizsgálatra (pl. szérum, plazma) és PCR-vizsgálatokra szánt mintáknál kerülendő a felesleges fagyasztási és felolvasztási ciklusok, a hematológiai és mikrobiológiai mintáknál fontos a hűtve tárolás és szállítás, kórszövettani anyagoknál pedig a megfelelő minőségű, lehetőleg semleges, pufferolt, 10%-os formaldehid-oldatban történő fixálás.

Az eredmények értékelésekor – mint azt a későbbiekben is említjük az egyes vizsgálati irányoknál – figyelembe kell venni a következőket [24]:

- Kórokozó kimutatása szöveti elváltozás nélkül: *fertőzés*
- Kórokozó kimutatása + szöveti elváltozás: *megbetegedés* (klinikai vagy szub-klinikai)
- Kórokozó kimutatása + szöveti elváltozással egybevágó tünetek: *klinikai megbetegedés*
- Szerológia: korábbi kapcsolat a kórokozóval, de további következtetés nem mindig vonható le

HEMATOLÓGIA

A hematológiai vizsgálatoknak korlátozott a diagnosztikai értéke BRDC esetén

A hematológiai vizsgálatok alvadásban gátolt, EDTA-s vérből végezhető, a heparinos mintavétel viszont nem javasolt, mivel zavarja a fehérvérsejt-számlálást [25]. A vérvételi csövet jelig kell tölteni, majd óvatosan, de alaposan át kell forgatni, hogy a véralvadástól elkerüljön a minta. Célszerű a mintákat 4 °C-on hűtve tárolni és 24 órán belül a laboratóriumba juttatni. Diagnosztikai értékük ugyanakkor a BRDC esetén korlátozott. A gyulladásos kórképek során ugyanis szarvasmarhákban a fehérvérsejtszám – összehasonlítva pl. a kutyaival, vagy a lóval – csak enyhén emelkedik, mitöbb, a gyulladásos válasz első szakaszában neutropenia jellemző. Ennek oka, hogy ebben a fajban kicsi a csontvelői érett neutrophil granulocytáktár, a neutrophilia és balra tolódás (Stab-, vagy korábbi alakok) csak a granulopoiesis fokozódásakor, 3–5 nap elteltével jellemző. A gyógyulási szakaszban ugyanakkor reaktív lymphocytosis is előfordulhat. Továbbá figyelembe kell venni, hogy borjakban az élettani fehérvérsejtszám nagyobb a felnőttekhez képest, mitöbb, 3 hónapos kor előtt a neutrophil granulocyták aránya is nagyobb, mint a lymphocytáké, majd az életkorral csökkenő fehérvérsejtszám és kb. 1 : 2 neutrophil : lymphocytá arány a jellemző [25]. Stresszhatáskor (pl. választás, átcsoportosítás) ugyanakkor lymphopenia és neutrophilia, de ennek ellenére csökkent neutrophil-funkció tapasztalható [26]. A stresszhatást jelzi a neutrophil granulocytá / lymphocytá hányados (Ne/Ly) emelkedése is, így annak hatékony biomarkere lehet, de a Ne/Ly hányados még fokozatos választás során is növekedhet [27]. A választással összefüggő neutrophil granulocytá-számemelkedés átmeneti, 3–7 nappal a választást követően az azt megelőző alapértékre csökken, de egyes citokinek még a választás után 14 nappal is emelkedett koncentrációban lehetnek jelen, ami a stresszhatás fennállására utal [28]. Ebből azonban az is következik, hogy ebben az időszakban a fehérvérsejtszám, ill. -arány változása kevésbé alkalmas a BRDC diagnosztikára. Krónikus légzőszervi problémáknál pedig emelkedett fehérvérsejtszám, ill. a hypoxia miatt emelkedett hemoglobin-koncentráció és vörösvérsejtszám is mérhető [29]. Súlyos gyulladásokor vérkenetelemzéssel toxikus sejtek is megfigyelhetők.

BIOKÉMIA: ENZIMEK, SZÉRUM AMYLOID-A, HAPTOGLOBIN

Egyes szérumbiokémiai paraméterek szintén jelző értékkel bírnak a BRDC diagnosztikájában. Bár specifikus eredményt nem várhatunk, a klinikai-járványtani képet kiegészítve a megbetegedés súlyosságára, kimenetelére, valamint a kezelés eredményességének megítélésére használhatjuk azokat.

A rutin biokémiai paraméterek közül a laktát-dehidrogenáz (LDH) enzim legnagyobb mértékben az izomsejtekben fordul elő, azok sérülésekor vagy fokozott izommunka során – így pl. nehezített légzéskor is – a vérbeli koncentrációja emelkedik. Sőt, emelkedhet a kreatinin-kináz (CK) és aszpartát-transzamináz (AST / GOT) koncentrációja is, szintén az izomeredetre (fokozott légzés, elfekvés miatti izom károsodás) visszavezethetően [29]. A gyulladásos válasz során emelkedő globulin, ezáltal emelkedett totálprotein-értékekre is számíthatunk. Továbbá, súlyos eseteknél hordozható (point-of-care) sav-bázis automatákkal a hypercapnia és a respirációs acidózis foka is meghatározható, így a prognózis pontosítható.

A gyulladásos kórképek diagnosztikájában azonban az akut-fázis fehérjék (AFF) a legjelentősebb biokémiai paraméterek. A gyulladást kiváltó stimulus hatására az egyes kórélettani folyamatoknak megfelelő mintázattal gyulladáskeltő citokinek (IL-1 β , IL-6, TNF- α) termelődnek, amelyek hatására beindul az akutfázis-válaszreakció. Ennek során a máj (de más szövetek is) akutfázis-fehérjéket termelnek, amelyek aztán a gyulladásra adott szisztémás reakció számos aspektusában fontos szerepet játszanak, így elősegítik számos kórokozó opszonizációját, a potenciálisan toxikus anyagok eltávolítását és gyulladás különböző szakaszainak általános szabályozását [30, 31]. Egészséges állatban koncentrációjuk kicsi, majd stimulus hatására gyorsan, akár az alapszint 10–100-szorosára is emelkedhetnek. Az ilyen AFF-eket major AFF-knek nevezzük, szarvasmarhánál a *szérum amyloid-A* (SAA) és a *haptoglobin* (Hp) tartozik ide. A SAA koncentrációja már a stimulus után 4 órával emelkedik, csúcspontját 24–48 óra után éri el, míg a Hp emelkedéséhez 24–48 órára van szükség. A felezési idejük rövid, a gyulladás oldódása után gyors csökkenésnek indul, így a kezelés hatékonyságának monitorozására is alkalmas, sőt egy vizsgálat szerint a SAA 100% érzékenységgel, míg a Hp 76% specificitással elkülönítette a heveny és idült folyamatokat [32]. Ezekkel ellentétben, egyes fehérjék koncentrációja a gyulladásos válasz során csökken, ezeket *negatív AFF*-knek nevezzük. Ide sorolható pl. az albumin, amelynek koncentrációja a gyógyulást követően csak lassan emelkedik az alapszintre (felezési ideje 14–20 nap).

Borjaknál a születéskor még kicsi AFF-koncentrációk mérhetők, de már az első néhány órában emelkedés tapasztalható. A koncentrációjuk a születést követő 3 hétben csökken, majd eléri a felnőtt, egészséges állatokra jellemző értéket. A postpartum emelkedett érték összefügghet a születési folyamatával és / vagy a koloszttrummal is. Ilyen életkorban ezt a stresszhatást számításba kell venni az értékelésnél [33]. A BRDC szempontjából az alábbiak szerint használhatjuk az AFF-eket:

1. Vírusos fertőzés (pl. BRSV, bovine respiratory syncytial virus) kezdete után kb. 1 héttel emelkedő SAA-koncentráció mérhető, majd a bakteriális felülfertőződés (kb. 3. héten) nagyobb SAA- és nagy Hp-koncentráció jellemző, amely a 6. hétre csökken az alapszint közelébe [33].
2. A Hp-válasz erősebb szöveti sérülés után jelentkezik, ami jellemzőbb a bakteriális fertőzésekre [34], emiatt jó marker az olyan BRDC eseteknél, ahol gyulladáscsökkentő terápia is szükséges [35].
3. BRDC-kezelés monitorozása: a kezdeti jelentős koncentráció (pl. SAA) hatékony antibiotikumterápia esetén csökken [36].

Hozzá kell azonban tenni, hogy tisztán légzőszervi vírusok (pl. szarvasmarha-adenovírus-3, -7, szarvasmarha-coronavírus, parainfluenza-3 és BRSV) esetén előfordulhat, hogy nemcsak a klinikai tünetek hiányoznak, de AFF emelkedés sem mindig jellemző, noha szerokonverzió ilyenkor is kimutatható [37]. Ugyanakkor a vírusos és bakteriális fertőzések között differenciálásra alkalmasak lehetnek az AFF-ék [37], valamint a klinikai tünetek fokozódásával (nagyobb klinikai pontszám) emelkedő SAA- és Hp-, ill. csökkenő albuminértékek várhatók, amelyek a gyógyulás során (a klinikai pontszám csökkenésével) ellentétesen változnak [36].

*Szarvasmarhában
a szérum amyloid-A
és a haptoglobin
a legfontosabb
akutfázis-fehérjék*

MIKROBIOLÓGIAI ÉS PCR-VIZSGÁLATOK

A BRDC-ben résztvevő patogén vírusok és baktériumok jellemzőiről számos összefoglalót találhatunk a szakirodalomban [1, 38–41] és a mintavételek részletes kivitelezésére is számos forrás áll rendelkezésre [22,42]. Emiatt itt elsősorban a gyakorlat szempontjából hasonlítottunk össze mintavételi technikákat (2. táblázat) és az ezekből nyerhető eredményeket.

2. TÁBLÁZAT. Mintavételi lehetőségek mikrobiológiai és PCR vizsgálatokhoz, Doyle és mtsai [46] nyomán

TABLE 2. Sampling options for microbiological and PCR tests, based on Doyle et al. [46]

Módszer és mintavételi terület	Előny	Hátrány	Kivitelezés
NS	olcsó és egyszerű	nehéz interpretálni (kommenzalisták kontaminációja)	orrnylások tisztítása egyszer használatos papírtörlővel
orrüregi nyálkahártya	vírusok kimutatása (pl. PCR)	nem feltétlenül reprezentálja az alsó légúti flórát	transzportos mintatvevő pálcát teljes hosszában bevezetni, a nyálkahártyán megforgatni, majd kihúzni
		lehetséges komplikációk: vérzés, eltörhet a mintavevő pálca	
NPS	NS-nél megbízhatóbb	NS-nél nehezebb levezetni	orrnylások tisztítása egyszer használatos papírtörlővel
nasopharyngealis nyálkahártya	orrüregen át kell levezetni	nem feltétlenül reprezentálja az alsó légúti flórát	a hosszú (kb. 60 cm) katétert a szem medialis canthusától 2 cm rostralisán lévő mélységig felvezetni majd a mintavevő hüvelyből kb. 4 cm hosszan továbbvezetni a tampont
	vírusok kimutatásához jobb, több epithel sejt nyerhető	drága és más célú mintavevő (pl. uterin minták)	a nyálkahártyán megforgatni, majd a hüvelybe visszahúzni, végül az egészet kihúzni
		lehetséges komplikációk: vérzés, eltörhet a mintavevő pálca	
BAL	orrüregen át kell levezetni	kontaminálhatják a felső légúti kommenzalisták a katéter levezetésekor	orrnylások tisztítása egyszer használatos papírtörlővel
véletlenszerű tüdőterület	reprezentatívabb az alsó légutakra	a bifurcatio-nál az egyik irányba tér a cső, ezáltal csak az adott tüdőfél (tüdőrésztlet) területéről nyerhetők kórokozók	a katétert az orron keresztül kell levezetni addig, míg el nem akad a bronchusban
		problémát jelent, ha nem egyenletes a kórokozók eloszlása a tüdőben	30-250 ml steril izotóniás sóoldatot injektálása és visszaszívása (kb. 1/3-a az injektálnak)
		lehetséges komplikációk: sérülés, vérzés a levezetéskor, légzőszervi distressz a nem megfelelő aspirációkor	a visszanyert folyadékot szét kell osztani mikrobiológiai, PCR- és citológiai vizsgálatokhoz
TTW	reprezentatív az alsó légutakra	meglehetősen invazív és drága	speciális kit érhető el hozzá
légcső-bifurcatio		lehetséges komplikációk: bőr alatti emphysema, sebfertőzés, helyi vérzés, elszakadó katéter a légcsőben maradhat, légzőszervi distressz a nem megfelelő aspirációkor	a légcső fölötti bőrterületet műtétielő elő kell készíteni (szőrníráás, alkoholos fertőtlenítés, lidokainos beszűrés)
			légcső átszűrésa tűvel / katéterrel
			a visszanyert folyadékokat szét kell osztani mikrobiológiai, PCR- és citológiai vizsgálatokhoz

NS = orrtampon, NPS = nasopharyngealis tampon, BAL = bronchoalveolaris lavage, TTW = transtrachealis mosás
NS = nasal swab, NPS = nasopharyngeal swab, BAL = bronchoalveolar lavage, TTW = transtracheal lavage

*Az orrtamponból
végzett mikrobiológiai
vizsgálat eredménye
nem feltétlen
korrelál a tüdővel*

*Vírusos pneumoniák
heveny szakaszában
a PCR kiváló
diagnosztikai eszköz*

*Boncoláskor az ép
és elváltozott terület
határáról származó
konszolidált területről
kell mintát venni*

A mikrobiológiai mintavétel jellegétől függ az eredmények értelmezése. Az orrüregi tamponminták elsődlegesen a felső légúti vírusok azonosítására alkalmasak, míg a bronchoalveolaris lavage (BAL) ill. transtrachealis lavage (TTW) virológiai, bakteriológiai, citológiai és parazitológiai vizsgálatra is alkalmas [22, 23]. A szarvasmarhák bakteriális légzőszervi kórokozói többnyire a normál felső légúti flóra tagjai, így kimutatásukból még nem feltétlen jelent összefüggést a megbetegedéssel, viszont nagyszámú kolónia (telep) esetén már következtethetünk az ok-okozati kapcsolatra [24]. Egy felmérés szerint az orrtamponból végzett mikrobiológiai vizsgálat eredménye nem feltétlen korrelál a tüdővel, csak az esetek kb. 68%-ában azonosak az izolátumok. Ráadásul úgy is jelen lehetnek az orrüregben, hogy nem okoznak megbetegedést, habár a két lokalizációnál hasonló antimikrobiális érzékenység jellemző [23]. A NPS és az alsó légúti minták (BAL, TTW) között egyedi szinten nem mindig van összefüggés, de csoport szinten már használható eredményre juthatunk. A mintavételre célszerű a következő szempontoknak megfelelő borjakat kiválasztani: ≥ 5 pont a Wisconsin borjúlégzőszervi pontrendszer szerint és $\geq 39,4$ °C testhőmérséklet, valamint az aktuális megbetegedés során még nem kaptak gyógyszeres antibiotikumos és/vagy gyulladáscsökkentő kezelést (ellenkező esetben bizonyos kórokozók kimutathatósága csökken). Ugyanakkor még az alsó légúti minták eredményei is fenntartásokkal kezelendők: egy dán vizsgálatban látszólag egészséges borjak mintáinak 63%-ából mutattak ki fakultatív patogén baktériumokat, amelyek 60%-ában színtenyészetben, vagy több patogén baktérium vegyes tenyészetben fordult elő [43].

Vírusos pneumoniák (BRSV, BCoV, BHV-1, PI-3V) heveny szakaszában a PCR kiváló diagnosztikai eszköz, kórbonctani mintákból és élő állatoktól származó orrtamponból is elvégezhető [23]. A PCR-vizsgálatok előnyei között említhető, hogy egyszerre akár több kórokozó is vizsgálható, sőt a nagy érzékenység miatt akár egyesített (pool) mintákra is alkalmazható [47]. Nehezen tenyésztendő kórokozóknál (pl. a *Mycoplasma bovis*) ugyancsak a PCR-diagnosztika lehet segítségünkre [44].

A helytelen mintavétel, tárolás és szállítás azonban téves negatív, vagy bizonytalan eredményekre vezethet. A mikrobiológiai vizsgálatoknál torzíthatja az eredményt, ha az állat már kapott antibiotikumot a mintavétel előtt, ugyanis a megváltozott flóra túlnőheti a patogént, különösen akkor, ha nem friss mintából végezzük a tenyésztést. Elhullott állatokból származó mintáknál fontos, hogy az ép és elváltozott terület határáról származó konszolidált területről vegyünk mintát (ezek a területek fertőződtek a legutoljára, míg a cranioventralis területen lévő régebbi elváltozásokat nagyobb valószínűséggel kolonizálják másodlagos kórokozók), elkerülve a tályogos területeket, amelyekből általában csak másodlagos és opportunistáknak mutathatók ki [23]. A mikrobiológiai vizsgálatra szánt szövetminták legalább 4 cm átmérőjűek legyenek. Ezzel jobban elkerülhető a kontamináció, mintha a boncoláskor a tüdő metszéspapjából vennénk transzport tápközegebe tamponmintát, mivel a szövetdarab felületét a laboratóriumban leégetik a mintavétel előtt. Ugyanakkor a tamponmintát egyszerűbb vizsgálatra küldeni és kevésbé sérülékeny [23]. Mindezeketől függetlenül fontos a kórboncolás során gyűjtött minták hűtve tárolása és gyors szállítása.

A klasszikus mikrobiológia tenyésztés mellett ma már elérhető újabb módszerek, így pl. a tömegspektrometriás fehérjeazonosításon alapuló rendszerek (pl. MALDI-TOF) is. Ezek a vizsgálatok gyorsan, akár primer mintából is elvégezhetőek. Ugyanakkor polimikrobás minták – pl. légzőszervi, enterális kórformák – eredményei gyakran nehezen értelmezhetőek és speciális előkészítést igényelnek [42]. Hasonló fehérjeprofilú kórokozók [45], valamint a túl fiatal, vagy öreg törzsek fals eredményt adhatnak, mitöbb, gyakran olyan fajok azonosíthatók, amelyeknek nincs klinikai jelentősége. Emiatt az interpretációban mindenképp szükséges egy tapasztalt mikrobiológus segítségét igénybe venni.

A PCR-vizsgálat sem vezet mindig eredményre. A vírusürítés általában a klinikai

megbetegedés 1–4 napján, azaz a fertőzést követő 4–7 nappal jellemző, tehát néhány nappal a klinikai tünetek megjelenését követően már nehéz azokat kimutatni. Ilyen esetben a hevenyebb tüneteket mutató állatoktól kell mintát venni, vagy savópárvizsgálatot érdemes indítani [23]. A kórokozó eloszlása sem feltétlenül egyenletes az érintett szervekben, így érdemes több helyről is mintát venni: 2 mintát a cranioventralis és 1 mintát a dorsocaudalis részből (pl. előfordul, hogy a BRSV csak a cranioventralis részből mutatható ki, dorsocaudalisán nem) [23]. Egyes vírustörzsek esetén (különösen RNS-vírusoknál) előfordulhat, hogy a rutintesztek nem alkalmasak az új genetikai variánsok felismerésére [23]. A *Mycoplasma bovis* detektálására elsősorban a sajtos elhalásos góccok, ill. a konszolidált területek a megfelelőek, de egyes esetekben kórszövettani és immunhisztokémiai módszerek is szükségesek lehetnek [23]. Továbbá a kórokozó kimutatása nem mindig jelent ok-okozati összefüggést. A PCR ugyanis nagyon érzékeny, kis mennyiségű nukleinsavat is detektál, amely származhat akár az orrüreg és légcső normál flórájának inhalálásából is, de lehet az immunrendszer által már elölt vírusok és baktériumok nukleinsav-maradványa is [24]. Élővírusos vakcinával intranasalisán immunizált borjaknál a vakcinavírusok megeredve pozitív eredményt adhatnak, emiatt érdemes kihagyni a 30 napon belül vakcinázott egyedeket [46]. Bakteriális kórokozóknál a PCR hátránya, hogy nem kapunk információt az antimikrobiális érzékenységről, ill. a fakultatív patogének (pl. *Pasteurellaceae*) jelenlétét nehéz interpretálni [24].

Az így kapott eredmények járványtani szempontból is fontosak, ugyanis információt szolgáltatnak az egyes kórokozók különféle szarvasmarha-állományokban, ill. termelési rendszerekben való terjedéséről és prevalenciájáról továbbá a patogén baktériumok antibiotikumérzékenységéről, ami elengedhetetlen a menedzsment- és vakcinázási stratégiák kialakításához [47].

SZEROLÓGIAI VIZSGÁLATOK

A szerológiai vizsgálatok a megbetegedések diagnosztikájára, a maternalis immunitás, ill. a vakcinázásra adott reakció felmérésére is alkalmasak

A szerológiai vizsgálatokat a megbetegedések diagnosztikájára, a maternalis immunitás, ill. és a vakcinázásra adott reakció felmérésére egyaránt használhatjuk. A módszerek azonban többnyire nem alkalmasak a fertőzésből, a maternalis védelemből, vagy épp a vakcinázásra adott válaszból származó ellenanyagok elkülönítésére (kivéve pl. IBR DIVA-tesztek). A szerokonverzió csak a kórokozóval való kontaktust és nem a megbetegedést jelzi, így elsősorban egy-egy csoport vagy állomány aktív fertőződésének nyomonkövetésére, mintsem egyedi diagnosztikára szolgál [24].

Klinikai megbetegedés esetén alapvetően két szerológiai módszert választhatunk. A vírusneutralizációval (VN) a meghatározott mennyiségű vírus szérumban lévő ellenanyagok általi neutralizációját vizsgáljuk. Minél nagyobb hígításban neutralizál a szérum (azaz a benne lévő ellenanyagok), annál nagyobb titert kapunk. Bár az ellenanyagtiter vizsgálata költséghatékonyabb a vírusizolációs, PCR-, ill. kórszövettani vizsgálatoknál, de egyszeri titerértékekből nem lehet messzemenő következtetéseket levonni, gyakorta félrevezetik a diagnosztikát, emiatt savópárvizsgálatra van szükség [23]. Vírusfertőzések okozta szerokonverzióra utal, ha a savópárvizsgálat során a heveny szakaszban vett mintához képest a legkevesebb 10–14 nappal vett konvaleszcens savóban legalább négyszeres titeremelkedést mérünk [24, 48]. Az ilyen vizsgálatok összköltsége már nagyobb, mégis jó módszer akkor, ha nem volt lehetőség a megbetegedés akut szakaszában a mintavételre, így a vírusürítést detektáló módszerek már nem alkalmazhatók [23].

Az ELISA- (enzyme-linked immunosorbent assay) módszerrel kvalitatív eredményt kaphatunk (pozitív vagy negatív), de kifejezhető az optikai denzitás értékében is, sőt a szérumból képzett hígítási sorral titerértékek is kaphatók. Megfelelő módszerrel akár az IgG-, IgA- és IgM-frakciók is vizsgálhatók. Ugyanakkor az ELISA

**Az ELISA-módszer
alkalmazható antigén
kimutatására is****A maternalis
ellenanyagok
átlagos felezési
ideje 16–28 nap**

csak az ellenanyagok és a vírus között kötődést vizsgálja, amely létrejöhet a virion sejtbejutáshoz nem szükséges részeivel is, míg a VN-vizsgálat funkcionális teszt, a vírussal szemben hatékony ellenanyagokat mutatja ki [24].

Az ELISA-módszer alkalmazható antigén kimutatására is (pl. BVDV, BRSV, PI-3V, BHV-1). Negatív eredményt kaphatunk pl. a vírusantigének kimutató módszereknél (pl. antigénfogó ELISA-k), ha a vizsgált mintában lévő ellenanyagok (amelyek származhatnak a kolosztrális védelemből, vakcinázásból, vagy akár a szóban forgó fertőzésre adott immunválaszból) interferálnak a keresett kórokozóval [23].

A maternalis védelem hossza meglehetősen változatos, kórokozóként eltérő lehet. Szeronegativnak tekinthetők a borjak ha $< 1:4$ (BVDV1a, BVDV1b, BVDV2, PI-3V és BRSV), ill., ha $< 1:10$ (BHV-1) vírusneutralizációs titer mérhető [48]. Az egyes kórokozókkal szembeni szerokonverzió, ill. az ellenanyagtiter csökkenésének detektálása a nagyobb maternalis titerrel rendelkező borjak esetén nehezebb, mint az kisebb titerrel rendelkezőknél [49]. Ennek az az oka, hogy a $\log_2$ reciprok ellenanyagtiter 1-gyel való növekedéséhez az adott ellenanyagszintnek meg kell duplázódnia, vagyis az eleve nagyobb titerrel rendelkező borjakban nagyobb mennyiségű ellenanyagnak kell termelődnie a titerérték emelkedéséhez, mint a kisebb titerű borjaknak.

A maternalis ellenanyagokra jellemző felezési idő 16–28 napra tehető [48], de ez függ attól is, hogy a születést követő 24 órán belül mennyi ellenanyagot vett fel a borjú, ill. annak mekkora hányada szívódott fel. Sőt, vírusonként is eltérő felezési idővel lehet számolni: egy húshasznú állomány nem vakcinázott borjainál a BVDV1a, BVDV1b, BVDV2 és a BHV-1 esetén 21,2–23,1 nap közötti átlagos felezési idő volt jellemző, míg a PI-3V-nél 30,3, a BRSV-nél pedig 35,9 napot mértek [48]. Mindezek alapján kiszámítható a szeronegativvá válás várható ideje, bár a változatos kiindulási titerértékek miatt jelentősen eltérhet egy állományon belül, ezért az ilyen előjelzés pontatlanságát szem előtt kell tartani. A légzőszervi vírusokkal szembeni maternalis immunitás időtartamának egyedenkénti változatossága végső soron gyenge állományszintű immunitáshoz vezet [50]. A változatosságot aktív vírusfertőzés vagy a borjak vakcinázása is befolyásolhatja, de jelentősége lehet az ellenőrizetlen kolosztrimitatásnak és a következményes hiányos passzív ellenanyagtranszfernek is. Vagyis, ha egy állatcsoport vakcinázási tervét a szeronegativitás előjelzésével szeretnénk kialakítani, akkor figyelembe kell venni, hogy az adott csoportban milyen széles tartományban fordulnak elő az adott ellenanyagra vonatkozó kezdeti titerértékek. Változatos titerértékek mellett nehéz megállapítani, hogy mikor célszerű vakcinázni az állományt, hiszen az állatok egy részénél a még jelentős maternalis ellenanyagszint miatt sikertelen lehet a vakcinázás, míg más egyedeknél már semmilyen védelem nincs, azaz adott esetben már el is késett az immunizálás. Ráadásul mivel vírusonként is eltér a szeronegativvá válás ideje, így a kombinált vakcinák alkalmazását is nehéz időzíteni. Az mindenesetre elmondható, hogy ha egyáltalán nincs jelen, vagy csak kis mennyiségben vannak jelen ellenanyagok, akkor a borjak fogékonyabbak a megbetegedésekre [51], ill. hat felezési idő elteltével a passzív védelem már biztosan nem elégséges, de a védelem hossza ennél rövidebb is lehet [51]. A titerértékeken alapuló döntéseknél azonban számításba kell venni, hogy az immunogének (pl. vakcina) immunológiai memóriát indukálhatnak, amelyek függetlenek a maternalis immunitástól [48]. Ekkor ugyan nincs ellenanyagtiter-emelkedés, de sejtmediált immunválasz kialakulhat [52]. Továbbá a vakcinázással elérni kívánt ún. „védő ellenanyagtiter” értéke sem határozható meg pontosan, hiszen a vakcinázási kísérletek körülményei nem azonosak az akár több és változatos virulenciájú fertőző ágens, eltérő genetikai állományt, takarmányozási és tartási körülményeket is felvonultató telepi körülményekkel, vagyis a kalkulált védő titer nem biztos, hogy az adott állományban érvényes [24].

MATERNALIS IMMUNITÁS ELLENŐRZÉSE
TELEPI KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT

A BRDC megelőzésében
alapvető fontosságú a
kolosztrális immunitás
folyamatos ellenőrzése

Egy átfogó, légzőszervi megbetegedések kontrollálására szolgáló programban a gyakorló állatorvosoknak folyamatos figyelemmel kell lenni a kolosztrummenedzsmentre, és monitorozni kell az hiányos kolosztrális immunitás (failure of passive transfer, FPT) incidenciáját [53]. A maternalis immunitás hossza az elfogyasztott és felszívódott ellenanyagok mennyiségétől függ [48], amelyet a kolosztrum immunglobulin-tartalma (és az azt befolyásoló tényezők), valamint a kolosztrumitatus körülményei határoznak meg [54, 55]. Ismert minőségű és mennyiségű kolosztrum itatásával egységes maternalis védelem alakítható ki, homogén immunstátusz esetén az ellenanyag-titerértékek alapján előjelezhető a vakcinázásra legalkalmasabb időablak, de zárt állományokban akár a borjúkori, légzőszervi vírusok elleni vakcinázás is elhagyhatóvá válhat. A rutin telepi kolosztrummenedzsmentben azonban nem az egyes ellenanyagok titerértékét vizsgáljuk, hanem az immunglobulinok mennyiségének közvetlen, vagy közvetett mérését és becslését alkalmazzuk. A különböző mérési módszereket és az irányadó célértékeket a 3. táblázatban foglaltuk össze. Az ezektől elmaradó szérum IgG értékek esetén hiányos passzív transzferről (FPT) beszélünk.

3. TÁBLÁZAT. Kolosztrum és borjúszerum IgG-koncentrációjának mérése és becslése

STP = szérum totál protein; RID = radiális Immundiffúzió

TABLE 3. Measurement and estimation of colostrum and calf serum IgG concentration

STP = serum total protein; RID = radial immunodiffusion

Paraméter	Célérték	Hivatkozás
Kolosztrum IgG cc.	≥ 50 g/l (50 mg/ml) (RID)	[74]
	> 1046 g/l sűrűség (kolosztrométer)	[57]
	≥ 21 vagy ≥ 22 Brix % (refraktométer)	[56, 74]
Borjúszerum IgG cc.	≥ 10 g/l (10 mg/ml) (RID)	[54]
	≥ 52 vagy ≥ 55 g/l (5,2 vagy 5,5 g/dl) STP (refraktométer)	[54]
	≥ 7,8 vagy ≥ 8,4 Brix % (refraktométer)	[60, 75]
	„Pozitív” (≥ 10 g/l, kvalitatív gyorsesztek)	[76]
	Precipitáció 14 %-os Na ₂ SO ₃ oldatban	[77]

Ugyanakkor a nagyobb szérum IgG és a kisebb morbiditás közötti összefüggések alapján a mért értékek kategorizálhatók és egyedi, valamint állományszintű értékelésre is alkalmazhatók (4. táblázat, [55]).

A kolosztrum Ig-tartalmának ellenőrzésének gold standard módszere a radiális immundiffúzió (RID), amely azonban csak laboratóriumi körülmények között kivitelezhető és 18–24 óra elteltével bírálható el [56]. Gyakorlatiasabb a sűrűség vizsgálatán alapuló hydrométerek használata, ugyanis a sűrűség korrelál az oldatok oldottanyag-tartalmával, így a kolosztrum fehérje-, ill. immunglobulin-tartalmával [57]. A kolosztrométerek (speciális hydrométerek) telepi körülmények között is gyors eredményt adnak, hátrányuk azonban a hőérzékenysége és az eszköz törékenysége [56]. A tej oldottanyag-tartalmának vizsgálatára Brix-refraktométer is alkalmas [58], amelynek előnye, hogy nem érzékeny a kolosztrum hőmérsékletére

4. TÁBLÁZAT. A szérumból IgG értékekkel egyenértékű STP- és Brix-értékek alapján javasolt kategorizálás a borjak kolosztrumellátottságának ellenőrzéséhez (GODDEN és mtsai nyomán [55])

TABLE 4. Categorization based on STP and Brix values equivalent to serum IgG values, for checking the colostrum supply of calves (GODDEN et al. [55])

Kategória	Javasolt IgG-konc. (g/L)	Egyenértékű STP-konc. (g/L)	Egyenértékű Brix-érték (%)	Borjak aránya kategóriánként (%)
Kiváló	≥25,0	≥62	≥9,4	>40
Jó	18,0–24,9	58–61	8,9–9,3	~30
Megfelelő	10,0–17,9	51–57	8,1–8,8	~20
Kedvezőtlen	<10,0	<51	<8,1	<10

A Brix-refraktométerrel a kolosztrum és a szérumból immunglobulin-tartalma is vizsgálható

[59], friss és fagyasztott mintával is használható, sőt a RID-módszerrel összevetve telepi monitoring céljára is alkalmas [56].

A kialakult maternális védelmet a kolosztrum felvételét követő szérumból IgG-koncentrációval lehet jellemezni, amelynek gold standard módszere szintén a RID [60]. Mivel újszülött borjakban az immunglobulinok adják a szérumból összfehérje-tartalmának (serum total protein, STP) nagy hányadát, így telepi körülmények között az STP refraktometriás mérése is alkalmas a passzív transzfer ellenőrzésére [58, 61]. Ugyancsak használhatók a Brix-refraktométerek is, mivel az STP és Brix% értékek egymással ($r = 1,00$) és a RID során mért IgG-vel is nagyon jól ($r = 0,93$) korrelálnak [60]. További előnye a Brix-refraktométereknek, hogy ugyanaz az eszköz használható a kolosztrum és a szérumból mérésére is, míg az STP mérésére alkalmas refraktométerek a speciális kalibráció miatt a kolosztrum vizsgálatára nem alkalmasak [60].

KÓRSZÖVETTAN ÉS CITOLÓGIA

Elhullás esetén kézenfekvő a kórszövettani vizsgálatra való mintagyűjtés, noha a telepi gyakorlatban nem mindig oldható meg a gyors boncolás. A minták gyűjtése során fontos a precíz, lehetőleg fotókkal kiegészített (méretarányokkal jelzett) dokumentáció, az oldalankénti és lebenyenkénti külön mintagyűjtő edények használata. A mintagyűjtés több (legalább 3–5) helyről, az ép és elváltozott részek határáról és elváltozásmentes tüdőterületről is történjen, ezzel lefedve a megfigyelt elváltozások teljes spektrumát (pl. ugyanazon tüdőben lehet cranioventralisan consolidatio és tályog, dorsocaudalisan pedig interstitialis pneumonia és pleuritis). Továbbá hozzátartozó nyirokcsomókból való mintavétel, sőt a felső légutak és a mellhártya vizsgálata és az ezekből való minta gyűjtése is szükséges. Ha a boncoláskor nem egyértelmű a diagnózis, érdemes nem légzőszervi eredetű mintákat is venni. BVDV-fertőzés esetén szívizom-elváltozások (dyspnoe, szívelégtelenség miatt), lymphocytás arteritis, lymphoid szövetek depleciója figyelhető meg, továbbá BVDV és BCV okozta bélbeli elváltozásokat is találhatunk [23].

A megfelelő konzerválás érdekében a szöveteket kb. 1 cm-es vastagságban érdemes bemetszeni és 1 : 10 térfogatarányban 10 %-os, semleges, puffert formalinba kell helyezni. A vastagabb szövetdarabok közepe ugyanis nem fixálódik, autólízis miatt értékelhetetlenné válhat a minta. Az immunhisztokémiai antigén-kimutatást zavarja a hosszas fixálás, a legelőnyösebb a 7 napnál rövidebb ideje fixált minták használata [23]. A csapvízzel hígított tömény formaldehid használata kerülendő. A korrekt diagnózishoz érdemes a patológus részére részletes kórelőzményi, kezelési és járványtani adatokkal szolgálni. Természetesen a boncoláskor vett mintákból a vonatkozó mintagyűjtési és tárolási irányelveket betartva mikrobiológiai és PCR vizsgálatok is végezhetők.

Kórszövettani mintagyűjtéshez 10%-os, semleges, puffert formalin használandó, legalább 1 : 10 térfogatarányban

Élő állatoknál a BAL és TTW minták citológiai elemzése is segíthet a szubklinikai esetek felderítésében, de a differenciál sejtszámlálás határértékei nincsenek egyértelműen meghatározva [18].

PARAZITÓZISOK

Érdemes számításba venni a parazitózisok, így a coccidiosis szerepét is, amely a hazai állományok 86%-ban jelen van [62]. A legfogékonyabb állatok (< 6 hónapos) gyakran csak szubklinikailag fertőzöttek, de bélfalkárosító (így maldigestiohoz, malabsorptiohoz vezető) és immunszuppresszív hatásuk révén szerepet játszhatnak az ebben a korban ugyancsak jellemző BRDC kialakulásában is. A kórokozó jelenlétét felszínindúsítós bélsárvizsgálattal lehet kimutatni, amelyhez a mintát közvetlenül a rectumból, vagy a frissen hullatott bélsárból érdemes gyűjteni.

Legelőn tartott állatoknál légzőszervi tünetekkel jár a dictyocaulosis, amelynek antemortem diagnosztikájához a patens szakaszban a több állatból származó bélsárminta Bearmann-féle lárvaizolációs vizsgálata szükséges, míg elhullás esetén az alapos kórbonctani és kórszövettani vizsgálat során interstitialis pneumonia (akut, prepatens szakasz, a migráló lárvák miatt), ill. lobularis atelectasia és a tüdő-consolidatio (krónikus, pátens vagy postpatens szakasz) figyelhető meg [23]. Az ürülő lárvák számában jelentős ingadozás jellemző és nincs közvetlen arányban a tüdőben megtelepedett lárvák számával [63]. Negatív laboreredményt kaphatunk a heveny szakaszban (migráló lárvák), amikor még nincsenek adult alakok a bronchusokban és lárvák sem a bélsárban, de ugyanez a helyzet a krónikus és a postpatens szakaszban is. Mitöbb, a részleges immunitással rendelkező állatokban bár súlyos tünetek jelentkezhetnek, patens fertőzés nem alakul ki. Vagyis a lárvaizolációs vizsgálat nem alkalmas a prepatens, a postpatens és a részleges immunitás miatti nonpatens fertőzések diagnosztikájára [23].

MIKOTOXIKÓZISOK

A kérődzők mikotoxinokkal szembeni ellenállóképessége régóta ismert. Bár a bendőflóra képes a mikotoxinokat megkötni, ill. inaktiválni, a fiatal, még monogastriCUSnak tekinthető borjakban ez a konverzió kisebb mértékű lehet [64, 65]. Így pl. az aflatoxin és a trichotecének immunszuppresszív hatása révén csökkenhet a környezeti és mikrobiális stresszorokkal szembeni ellenállóképesség, emiatt az összetett oktanú megbetegedések hátterének felderítésekor ez irányú vizsgálatokat is érdemes végezni. Emellett újabb, *in vitro* kutatások szerint a belélegzett mikotoxinok közvetlenül is károsíthatják a légúti hámsejteket, ill. azok barrier- és mukociliaris funkcióját, ezzel elősegítve a kórokozók invázióját [66–68].

A KÖZELI JÖVŐ

A betegségek korai felismerésében sokat segíthetnek a precíziós állattartási technológiák

Mivel az állatlétszámtól függően még a legegyszerűbb szűrővizsgálatok is nagyon munkaerő-igényesek lehetnek, nagyban elősegíthetné a megbetegedések korai stádiumban történő észlelését az olyan precíziós (precision livestock farming; PLF) technológiák alkalmazása, amelyek valós időben detektálják egyes klimatikus és levegőminőségi környezeti tényezők (pl. hőmérséklet, páratartalom, NH₃, por, bioaeroszok, légáramlás stb.) kedvezőtlen irányú változását, ill. észlelik az olyan tünetek megjelenését, mint a mozgási aktivitás és a takarmányfogyasztás változása, vagy pl. a köhögés a BRDC esetén. Rögzített adatok számítógépes feldolgozását követően a jól optimalizált PLF-rendszerek megkönnyíthetnék a környezeti tényezők változásának nyomonkövetését, ill. a tünetek megjelenésének korábbi felismerését.

A fülbe helyezhető hőmérők gyenge szenzitivitását vélhetően javítani lehetne egy komplex, a füljelzéstől független, a környezeti tényezőket (hőmérséklet, páratarta-

lom, szélesebbesség) is mérni képes rendszerrel, ahol a füljelző adatai a környezeti paraméterekkel korrigálhatók lehetnek, mitöbb, a füljelzőbe épített accelerométer segítségével meghatározható a borjak mozgási aktivitása is. Ezen adatok összevetésével kiszűrhetők lennének az emelkedett testhőmérsékletű, kis mozgási aktivitású, azaz potenciálisan beteg borjak. Továbbá, a BRDC egyik jellemző klinikai tünete a köhögés, amely hangrögzítést követően számítógépes rendszerekkel analizálható és más, pl. mechanikai hangoktól elkülöníthető [69]. Sertések köhögésszámlására alkalmas eszköztől hazai tapasztalatok is rendelkezésre állnak [70].

Habár mostanra számos ígéretesnek tűnő és terepi vizsgálatok szerint is jól teljesítő technológiai újítás érhető el, egyelőre a légzőszervi megbetegedések PLF rendszerű monitorozása még számos kihívást rejt magában [71]. A megelőző menedzsment-intézkedésekre irányuló kockázatelemzési eszközök, ill. a pontozórendszerek folyamatos, együttes alkalmazása egy gyors, olcsó és átfogó BRD-kontroll program alapjául szolgálhat, az újabb borjak születésével a megbetegedések incidenciája a kontrollprogram bevezetését követő hónapokban már csökkenést mutathat [72].

MEGVITATÁS ÉS JAVASLATOK

A BRDC multifaktoriális eredete miatt a megelőzés és a kezelés során is több szempontot kell figyelembe venni. Az állattartótelepi gyakorlatban egyszerre szükséges felmérni a fertőző ágensek jelenlétét, a gyenge egyedi és állományszintű ellenálló-képesség hátterében meghúzódó okokat, valamint a környezeti és tartástechnológiai hiányosságokat. Ugyanakkor a már fennálló klinikai megbetegedések korai felismerése is elengedhetetlen a hatékony és célzott gyógykezelés, az antibiotikum-felhasználás csökkentése és a közvetett károk mérséklése érdekében.

Úgy véljük, hogy az itt áttekintett, szakszerűen kivitelezett és interpretált klinikai, valamint labordiagnosztikai vizsgálatok a gyakorló állatorvosok eszköztárának elengedhetetlen kellékei, amelyek az említett célok érdekében a rutin állategészségügyi programba építhetők. Sőt, a technológiai fejlődéssel egyre több precíziós eszköz áll rendelkezésre, amelyek a valós idejű, élőmunkát nem igénylő monitoring révén a sikeres állattartótelepi diagnosztika és gyógyító tevékenység egyre meghatározóbb részévé válhatnak.

IRODALOM

- Griffin D, Chengappa MM, Kuszak J, McVey DS (2010) Bacterial Pathogens of the Bovine Respiratory Disease Complex. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 26:381–394. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2010.04.004>
- Ózsvári L, Búza L (2015) A szarvasmarhák légzőszervi tünetegyüttesének (BRDC) és hajlamosító tényezőinek előfordulása nagy létszámú magyarországi állományokban. *Magy Állatorvosok Lapja* 137:139–149
- Buczinski S, Gicquel E, Fecteau G, Takwoingi Y, Chigerwe M, Vandeweerdt JM (2018b) Systematic Review and Meta-Analysis of Diagnostic Accuracy of Serum Refractometry and Brix Refractometry for the Diagnosis of Inadequate Transfer of Passive Immunity in Calves. *J Vet Intern Med* 32:474–483. <https://doi.org/10.1111/jvim.14893>
- Stokstad M, Klem TB, Myrmet M, Oma VS, Toftaker I, Østerås O, Nødtvedt A (2020) Using Biosecurity Measures to Combat Respiratory Disease in Cattle: The Norwegian Control Program for Bovine Respiratory Syncytial Virus and Bovine Coronavirus. *Front Vet Sci* 7:167. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00167>
- Lorenz I, Earley B, Gilmore J, Hogan I, Kennedy E, More SJ (2011) Calf health from birth to weaning. III. housing and management of calf pneumonia. *Ir Vet J* 64:14. <https://doi.org/10.1186/2046-0481-64-14>
- Sáfár J, Hejel P, Vass-Bognár B, Kiss L, Seregi B, Könyves L (2023) The impact of environmental factors on bovine respiratory disease complex in dairy calves – a review. *Acta Vet Brno* 92:213–231. <https://doi.org/10.2754/avb202392030213>
- McGuirk SM, Peek SF (2014) Timely diagnosis of dairy calf respiratory disease using a standardized scoring system. *Anim Health Res Rev* 15:145–147. <https://doi.org/10.1017/S1466252314000267>
- Sivula NJ, Ames TR, Marsh WE, Werdin RE (1996) Descriptive epidemiology of morbidity and mortality in Minnesota dairy heifer calves. *Prev Vet Med* 27:155–171. [https://doi.org/10.1016/0167-5877\(95\)01000-9](https://doi.org/10.1016/0167-5877(95)01000-9)
- Divers, Peek (2008) The Clinical Examination. In: *Rebhun's Diseases of Dairy Cattle*. Saunders Elsevier, pp 3–15
- Theurer ME, Anderson DE, White BJ, Miesner MD, Larson RL (2014) Effects of weather variables on thermoregulation of calves during periods of extreme heat. *Am J Vet Res* 75:296–300. <https://doi.org/10.2460/ajvr.75.3.296>
- Piccione G, Caola G, Refinetti R (2003) Daily and estrous rhythmicity of body temperature in domestic cattle. *BMC Physiol* 3:7. <https://doi.org/10.1186/1472-6793-3-7>
- McCorkell R, Wynne-Edwards K, Windeyer C, Schaefer A (2014) Limited efficacy of Fever Tag® temperature sensing ear tags in calves with naturally occurring bovine respiratory disease or induced bovine viral diarrhoea virus infection. *Can Vet J* 55:688–690
- Love WJ, Lehenbauer TW, Kass PH, et al (2014) Development of a novel clinical scoring system for on-farm diagnosis of bovine respiratory disease in pre-weaned dairy calves. *PeerJ* 2:e238. <https://doi.org/10.7717/peerj.238>

14. Love WJ, Lehenbauer TW, Van Eenennaam AL, Aly SS (2016) Sensitivity and specificity of on-farm scoring systems and nasal culture to detect bovine respiratory disease complex in preweaned dairy calves. *J Vet Diagn Invest* 28:119–128. <https://doi.org/10.1177/1040638715626204>
15. Probo M, Veronesi MC (2022) Clinical Scoring Systems in the Newborn Calf: An Overview. *Animals* 12:3013. <https://doi.org/10.3390/ani12213013>
16. Jaureguiberry M, Rearte R, Marconi MJ, Giuliadori MJ, Madoz LV, Pinedo FA, de la Sota R (2023) A simplified scoring system for the diagnosis of diarrhea and respiratory diseases in dairy calves. *Can Vet J* 64:553–557
17. Buczinski S, Forte G, Francoz D, Belanger A-M (2014) Comparison of Thoracic Auscultation, Clinical Score, and Ultrasonography as Indicators of Bovine Respiratory Disease in Preweaned Dairy Calves. *J Vet Intern Med* 28:234–242. <https://doi.org/10.1111/jvim.12251>
18. Ollivett TL, Caswell JL, Nydam DV, Duffield T, Leslie KE, Hewson J, Kelton D (2015) Thoracic Ultrasonography and Bronchoalveolar Lavage Fluid Analysis in Holstein Calves with Subclinical Lung Lesions. *J Vet Intern Med* 29:1728–1734. <https://doi.org/10.1111/jvim.13605>
19. van Leenen K, Jouret J, Demeyer P, Van Driessche L, De Cremer L, Masmeijer C, Boyen F, Deprez P, Pardon B (2020) Associations of barn air quality parameters with ultrasonographic lung lesions, airway inflammation and infection in group-housed calves. *Prev Vet Med* 181:105056. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105056>
20. Buczinski S, Borris ME, Dubuc J (2018a) Herd-level prevalence of the ultrasonographic lung lesions associated with bovine respiratory disease and related environmental risk factors. *J Dairy Sci* 101:2423–2432. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13459>
21. van Leenen K, Jouret J, Demeyer P, Vermeir P, Leenknecht D, Van Driessche L, De Cremer L, Masmeijer C, Boyen F, Deprez P, Cox E, Devriendt B, Pardon B (2021) Particulate matter and airborne endotoxin concentration in calf barns and their association with lung consolidation, inflammation, and infection. *J Dairy Sci* 104:5932–5947. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18981>
22. Cooper VL, Brodersen BW (2010) Respiratory Disease Diagnostics of Cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 26:409–416. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2010.04.009>
23. Caswell JL, Hewson J, Slavić Đ, DeLay J, Bateman K (2012) Laboratory and Postmortem Diagnosis of Bovine Respiratory Disease. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 28:419–441. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2012.07.004>
24. Fulton RW, Confer AW (2012) Laboratory test descriptions for bovine respiratory disease diagnosis and their strengths and weaknesses: Gold standards for diagnosis, do they exist? *Can Vet J* 53:754–761
25. Roland L, Drillich M, Iwersen M (2014) Hematology as a diagnostic tool in bovine medicine. *J Vet Diagn Invest* 26:592–598. <https://doi.org/10.1177/1040638714546490>
26. Lynch E, Earley B, McGee M, Doyle S (2010) Effect of abrupt weaning at housing on leukocyte distribution, functional activity of neutrophils, and acute phase protein response of beef calves. *BMC Vet Res* 6:39. <https://doi.org/10.1186/1746-6148-6-39>
27. Kim M-H, Yang J-Y, Upadhaya SD, Lee HJ, Yun CH, Ha JK (2011) The stress of weaning influences serum levels of acute-phase proteins, iron-binding proteins, inflammatory cytokines, cortisol, and leukocyte subsets in Holstein calves. *J Vet Sci* 12:151–157. <https://doi.org/10.4142/jvs.2011.12.2.151>
28. O'Loughlin A, McGee M, Doyle S, Earley B (2014) Biomarker responses to weaning stress in beef calves. *Res Vet Sci* 97:458–463. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2014.06.003>
29. Šoltéřová H, Nagyová V, Tóthová C, Nagy O (2015) Haematological and blood biochemical alterations associated with respiratory disease in calves. *Acta Vet Brno* 84:249–256. <https://doi.org/10.2754/avb201584030249>
30. Cray C, Zaias J, Altman NH (2009) Acute Phase Response in Animals: A Review. *Comp Med* 59:517–526
31. Ceciliani F, Ceron JJ, Eckersall PD, Sauerwein H (2012) Acute phase proteins in ruminants. *J Proteomics* 75:4207–4231. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2012.04.004>
32. Horadagoda NU, Knox K m. G, Gibbs HA, Reid SWJ, Horadagoda A, Edwards SER, Eckersall PD (1999) Acute phase proteins in cattle: discrimination between acute and chronic inflammation. *Vet Rec* 144:437–441. <https://doi.org/10.1136/vr.144.16.437>
33. Orro T, Jacobsen S, LePage J-P, Niewold T, Alasuutari S, Soveri T (2008) Temporal changes in serum concentrations of acute phase proteins in newborn dairy calves. *Vet J* 176:182–187. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.02.010>
34. Orro T, Pohjanvirta T, Rikula U, Huovilainen A, Alasuutari S, Sihvonen L, Pelkonen S, Soveri T (2011) Acute phase protein changes in calves during an outbreak of respiratory disease caused by bovine respiratory syncytial virus. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis* 34:23–29. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2009.10.005>
35. Humblet M-F, Coghe J, Lekeux P, Godeau J-M (2004) Acute phase proteins assessment for an early selection of treatments in growing calves suffering from bronchopneumonia under field conditions. *Res Vet Sci* 77:41–47. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2004.02.009>
36. Joshi V, Gupta VK, Bhanuprakash AG, Mandal RSK, Dimri U, Ajith Y (2018) Haptoglobin and serum amyloid A as putative biomarker candidates of naturally occurring bovine respiratory disease in dairy calves. *Microb Pathog* 116:33–37. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.01.001>
37. Nikunen S, Härtel H, Orro T, Neuvonen E, Tanskanen R, Kivelä SL, Sankari S, Aho P, Pyörälä S, Saloniemi H, Soveri T (2007) Association of bovine respiratory disease with clinical status and acute phase proteins in calves. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis* 30:143–151. <https://doi.org/10.1016/j.cimid.2006.11.004>
38. Caswell JL, Bateman KG, Cai HY, Castillo-Alcala F (2010) *Mycoplasma bovis* in Respiratory Disease of Feedlot Cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 26:365–379. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2010.03.003>
39. Brodersen BW (2010) Bovine Respiratory Syncytial Virus. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 26:323–333. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2010.04.010>
40. Ridpath J (2010) The Contribution of Infections with Bovine Viral Diarrhea Viruses to Bovine Respiratory Disease. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 26:335–348. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2010.04.003>
41. Saif LJ (2010) Bovine Respiratory Coronavirus. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 26:349–364. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2010.04.005>
42. Pardon B, Buczinski S (2020) Bovine Respiratory Disease Diagnosis. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 36:425–444. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2020.03.005>
43. Angen Ø, Thomsen J, Larsen LE, Larsen J, Kokotovic B, Heegaard PMH, Enemark JMD (2009) Respiratory disease in calves: Microbiological investigations on trans-tracheally aspirated bronchoalveolar fluid and acute phase protein response. *Vet Microbiol* 137:165–171. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2008.12.024>
44. Parker AM, Sheehy PA, Hazelton MS, Bosward KL, House JK (2018) A review of mycoplasma diagnostics in cattle. *J Vet Intern Med* 32:1241–1252. <https://doi.org/10.1111/jvim.15135>
45. Rychert J (2019) Benefits and Limitations of MALDI-TOF Mass Spectrometry for the Identification of Microorganisms. *J Infectiology* 2:1–5. <https://doi.org/10.29245/2689-9981/2019/4.1142>

46. Doyle D, Credille B, Lehenbauer TW, Berghaus R, Aly SS, Champagne J, Blanchard P, Crossley B, Berghaus L, Cochran S, Woolums A (2017) Agreement Among 4 Sampling Methods to Identify Respiratory Pathogens in Dairy Calves with Acute Bovine Respiratory Disease. *J Vet Intern Med* 31:954–959. <https://doi.org/10.1111/jvim.14683>
47. O'Neill R, Mooney J, Connaghan E, Furphy C, Graham DA (2014) Patterns of detection of respiratory viruses in nasal swabs from calves in Ireland: a retrospective study. *Vet Rec* 175:351. <https://doi.org/10.1136/vr.102574>
48. Fulton RW, Briggs RE, Payton ME, Confer AW, Saliki JT, Ridpath JF, Burge LJ, Duff GC (2004) Maternally derived humoral immunity to bovine viral diarrhoea virus (BVDV) 1a, BVDV1b, BVDV2, bovine herpesvirus-1, parainfluenza-3 virus bovine respiratory syncytial virus, Mannheimia haemolytica and Pasteurella multocida in beef calves, antibody decline by half-life studies and effect on response to vaccination. *Vaccine* 22:643–649. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2003.08.033>
49. Windeyer MC, Leslie KE, Godden SM, Hodgins DC, Lissemore KD, LeBlanc SJ (2015) Association of bovine respiratory disease or vaccination with serologic response in dairy heifer calves up to three months of age. *Am J Vet Res* 76:239–245. <https://doi.org/10.2460/ajvr.76.3.239>
50. Chamorro MF, Walz PH, Haines DM, Passler T, Earleywine T, Palomares RA, Riddell KP, Galik P, Zhang Y, Givens MD (2014) Comparison of levels and duration of detection of antibodies to bovine viral diarrhoea virus 1, bovine viral diarrhoea virus 2, bovine respiratory syncytial virus, bovine herpesvirus 1, and bovine parainfluenza virus 3 in calves fed maternal colostrum or a colostrum-replacement product. *Can J Vet Res* 78:81–88
51. Mechor GD, Virtala A-M, Dubovi EJ, Grohn Y (2001) The Half-life for maternally derived immunoglobulin G anti-viral antibodies in data from an observational field study. *The Bovine Practitioner* 35:131–136. <https://doi.org/10.21423/bovine-vol35no2p131-136>
52. Ellis JA, Hassard LE, Cortese VS, Morley PS (1996) Effects of perinatal vaccination on humoral and cellular immune responses in cows and young calves. *J Am Vet Med Assoc* 208:393–400
53. Gordon PJ, Plummer P (2010) Control, Management, and Prevention of Bovine Respiratory Disease in Dairy Calves and Cows. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 26:243–259. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2010.03.004>
54. Godden S (2008) Colostrum management for dairy calves. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 24:19–39. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.10.005>
55. Godden SM, Lombard JE, Woolums AR (2019) Colostrum Management for Dairy Calves. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 35:535–556. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.07.005>
56. Biemann V, Gillan J, Perkins NR, Skidmore AL, Godden S, Leslie KE (2010) An evaluation of Brix refractometry instruments for measurement of colostrum quality in dairy cattle. *J Dairy Sci* 93:3713–3721. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2943>
57. Fleenor WA, Stott GH (1980) Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrum. *J Dairy Sci* 63:973–977. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)83034-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)83034-7)
58. Moore DA, Taylor J, Hartman ML, Sischo WM (2009) Quality assessments of waste milk at a calf ranch. *J Dairy Sci* 92:3503–3509. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1623>
59. Biemann V, Garner J, Throop C, Perkins N, Leslie K (2008) An evaluation of a Brix refractometer for measurement of colostrum quality and success of passive transfer. *J Dairy Sci* 91:354
60. Deelen SM, Ollivett TL, Haines DM, Leslie KE (2014) Evaluation of a Brix refractometer to estimate serum immunoglobulin G concentration in neonatal dairy calves. *J Dairy Sci* 97:3838–3844. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-7939>
61. Calloway CD, Tyler JW, Tessman RK, Hostetler D, Holle J (2002) Comparison of refractometers and test endpoints in the measurement of serum protein concentration to assess passive transfer status in calves. *J Am Vet Med Assoc* 221:1605–1608. <https://doi.org/10.2460/javma.2002.221.1605>
62. Farkas R, Szeidemann Z, Majoros G (2007) Studies on Coccidiosis of Calves in Hungarian Dairy Farms. *Parasitol Res* 101:113–120. <https://doi.org/10.1007/s00436-007-0618-4>
63. Kassai T (2003) Szarvasmarha tüdőfégesség – Dictyocaulosis. In: Kassai T (ed) *Helmintológia*. Medicina Könyvkiadó Rt., Budapest, pp 145–148
64. Rodrigues I (2014) A review on the effects of mycotoxins in dairy ruminants. *Anim Prod Sci* 54:1155–1165. <https://doi.org/10.1071/AN13492>
65. Pomothly JM, Barna RF, Czimmermann ÁE, Szóládi Á, Pásztné Gere E (2020) A deoxinivalenol mikotoxin toxikus hatásai a gazdasági haszonállatokra. *Magy Állatorvosok Lapja* 142:117–127
66. Lee RJ, Workman AD, Carey RM, Chen B, Rosen PL, Doghramji L, Adappa ND, Palmer JN, Kennedy DW, Cohen NA (2016) Fungal Aflatoxins Reduce Respiratory Mucosal Ciliary Function. *Sci Rep* 6:33221. <https://doi.org/10.1038/srep33221>
67. Van Cleemput J, Poelaert KCK, Laval K, Van den Broeck W, Nauwynck HJ (2019) Deoxynivalenol, but not fumonisin B1, aflatoxin B1 or diesel exhaust particles disrupt integrity of the horse's respiratory epithelium and predispose it for equine herpesvirus type 1 infection. *Vet Microbiol* 234:17–24. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2019.05.009>
68. Prathap-Kumar K, Balakrishna-Nair MN, Punniyamurthy N (2023) Inhalation toxicity of mycotoxins in farm animals. *Iran J Vet Res* 24:94–95. <https://doi.org/10.22099/IJVR.2023.47378.6833>
69. Ferrari S, Piccinini R, Silva M, Exadaktylos V, Berckmans D, Guarino M (2010) Cough sound description in relation to respiratory diseases in dairy calves. *Prev Vet Med* 96:276–280. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.06.013>
70. Könyves L, Reibling T, Bodor A, Brydl E, Adorján A, Solymosi N (2015) Egy precíziós állattartási projekt tapasztalatai. *Magy Állatorvosok Lapja* 137:719–727
71. Garrido LFC, Sato STM, Costa LB, Daros RR (2023) Can We Reliably Detect Respiratory Diseases through Precision Farming? A Systematic Review. *Animals (Basel)* 13:1273. <https://doi.org/10.3390/ani13071273>
72. Maier GU, Love WJ, Karle BM, Dubrovsky SA, Williams DR, Champagne JD, Anderson RJ, Rowe JD, Lehenbauer TW, van Eenennaam AL, Aly SS (2019) Management factors associated with bovine respiratory disease in preweaned calves on California dairies: The BRD 100 study. *J Dairy Sci* 102:7288–7305. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14773>
73. University of Wisconsin – School of Veterinary Medicine: Calf Respiratory Health Scoring Chart https://www.vetmed.wisc.edu/fapm/wp-content/uploads/2020/01/calf_respiratory_scoring_chart.pdf Hozzáférés: 2024. 01. 29.
74. Quigley JD, Lago A, Chapman C, Erickson P, Polo J (2013) Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. *J Dairy Sci* 96:1148–1155. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5823>
75. Morrill KM, Polo J, Lago A, Campbell J, Quigley J, Tyler H (2013) Estimate of serum immunoglobulin G concentration using refractometry with or without caprylic acid fractionation. *J Dairy Sci* 96:4535–4541. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5843>
76. Kaske M, Bleul U (2021) Feeding of unweaned dairy calves. In: Szenci O, Mee J, Bleul U, Taverne M (eds) *Bovine Prenatal, Perinatal and Neonatal Medicine*. Hungarian Association for Buiatrics, Budapest, pp 291–308
77. Brydl E (2003) A borjúnevelés higiénijára és állomány-egészségtani kérdései. In: Rafai (ed) *Állathigiénia*. Agroinform Kiadó, Budapest, pp 233–248

Közlésre érck.: 2024. febr. 5.

Analysis of bird mortality
caused by electrocutions
from an animal welfare
and legal perspective

L. K. Máté¹
D. Bozsó²
G. Korsós²
A. Kiss²
M. Sudár³
K. Fodor^{2*}

Áramütések okozta madárpusztulások elemzése állatvédelmi és jogi szempontból

Máté Lilla Katalin¹, Bozsó Dorottya², Korsós Gabriella², Kiss Annamária², Sudár Miklós³, Fodor Kinga^{2*}

1. Budatétényi Állatkórház
H-1223 Budapest, Rákóczi út 37.

2. Állatorvostudományi Egyetem,
Laborállat-tudományi
és Állatvédelmi Tanszék
Budapest

3. Dr. Sudár Miklós Ügyvédi Iroda
Budapest

*e-mail: fodor.kinga@univet.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Az áramütések által okozott madárpusztulások eddigi átfogó elemzései főként természetvédelmi szakemberek által készültek némi jogi kitekintéssel, azonban állatvédelmi szempontból nem járták még körbe a problémát. Mivel a becslések szerint az ilyen jellegű balesetek több százezer egyedet érintenek évente, amelyeknek jelentős része nem éli túl az elektromos vezetékekkel való találkozást, – a többi pedig maradandó egészségkárosodást szenved el, azaz élete további részét fogságban kell leélnie – a téma mindenféleképpen érdemes egy áttekintésre, amely felhívja a figyelmet a problémával kapcsolatban felmerülő állatvédelmi kérdésekre.

SUMMARY

Background: Comprehensive analyses of bird deaths caused by electrocution have so far been carried out mainly by conservationists with some legal insights, but to our knowledge the problem has not yet been addressed from an animal welfare perspective. Given that it is estimated that hundreds of thousands of birds are affected by such accidents each year, a significant proportion of which do not survive the contact with the power lines, – and the rest suffer permanent health damage and are to be kept in captivity for the rest of their lives – the issue is well worth reviewing to raise awareness of the animal welfare issues involved.

Objectives: Our aim was to present this phenomenon from a perspective that has not yet been analyzed, while listening to several points of view and then to outline what measures could be taken, if not to provide a complete solution – which could presumably take decades – but at least to reduce such mortality in the future, thus safeguarding the biodiversity of our planet's bird fauna.

Materials and Methods: We wanted to use several methods to assess the attitudes of people who regularly encounter the problem of electrocution of birds. In addition to personal interviews and their comparison with the available literature, we also prepared a questionnaire to assess the views of people who actively use social media sites on this somewhat specific issue, which affects everyone, but not everyone deals with it in their daily lives.

Results and Discussion: The results show that there is a widespread belief that it would be appropriate to create a more tangible legal category for electrocutions, which would at least allow for sanctions, if not necessarily impose them. In addition, more recent surveys and data would be essential to gain a clearer picture of the current situation and to assess whether there has indeed been a downward trend in the level of bird mortality in recent years. Further research would also be needed to establish general protocols on how to provide the best conditions for permanently injured individuals and when euthanasia is indeed justified.

Magyarországon az első áramütéssel összekapcsolható tömeges madárpusztulás 1980-ban került dokumentálásra Hajdú-Bihar vármegyében, Újtikos község határában, ahol a Hortobágyi Nemzeti Park munkatársai több mint 20 ragadozómadár, és több tucat vetési varjú tetemét gyűjtötték össze egy 20 kV-os feszültségű vezetékszakas alól [1]. A magyar szakemberek ezt követően egyre többet foglalkoztak a vezetékek helyzetének és a madárvédelemnek a kérdésével, azonban egészen 2004-ig mindössze 4 légvezeték-felmérési adatsor állt rendelkezésünkre az elhullások nagyságrendi becsléséhez, mivel sajnos az esetek döntő többsége nem került rögzítésre, így a kár valós értékét csak megbecsülni lehet.

A vad- és vándorló madarak élőhelyeinek megóvását számos nemzetközi egyezmény szabályozza

Több nemzetközi egyezmény (így a Bonni és Berni Egyezmény is) azért jött létre, hogy az európai vadon élő, ill. vándorló fajok és természetes élőhelyeik megóvására ösztönözze a csatlakozókat. A Bonni Egyezmény célja pl. a vándorló szárazföldi és tengeri fajok, valamint azok teljes vonulási útvonalaának védelme, és az ezekhez szükséges nemzetközi jogi keretek megteremtése volt. Magyarország 1983. évi csatlakozásával szintén ezen fajok és a Föld természetes rendszereinek nélkülözhetetlen alkotóinak védelme mellé állt. Ezekben az egyezményekben igyekeznek hangsúlyozni, hogy mennyire sürgető lenne ezekre a problémákra mihamarabb megoldást találni. Az első itthoni részletes tanulmány az áramütések okozta madárpusztulásokkal kapcsolatban 2004-ben készült egy LIFE-Nature projekt keretein belül [2], majd a következő részletes felmérés 2010-ben született meg [3]. A Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület (MME) 2010. évi kiadványa, amelynek címe Madarak és Légvezetékek igen széleskörű ismereteket oszt meg a témában, hiszen közel egy évtized alatt összegyűjtött adatokat és tapasztalatokat összegeznek [3].

AZ ÁRAMÜTÉSEKRŐL ÁLTALÁNOSÁGBAN

Az elektromos vezetékek áramütéssel, ill. nekirepüléssel okozott traumával és lezuhanással okozhatnak sérülést

Az elektromos vezetékek általánosságban két különböző módon okozhatnak súlyos, ill. elhulláshoz vezető sérüléseket. Az egyik eset az áramütés, a másik pedig az, amikor a madarak a vékony, kifeszített vezetékeket nem látva nekirepülnek azoknak, aminek következtében lezuhanhatnak, és sok esetben a további halálos sérüléseket szenvednek. Ezek az ütközés okozta sérülések [3, 4]. Ebből a szempontból minden, a levegőben kifeszített vékony kötéljellegű tárgy veszélyt jelenthet a repülő állatokra, az áramütések szempontjából azonban a vezetékek nem minden típusa jelent kifejezett veszélyt a megfigyelések alapján. Az ütközéses sérülések gyakoriságát befolyásolja, hogy milyen élőhely felett halad át a légvezeték, ill., hogy milyen az ott élő madárpopulációk mozgásmintázata, azonban az időjárási elemeknek is jelentős szerepe van (pl.: köd, erősebb szél). Nem mellesleg a vezetékek műszaki jellemzői, azok állapota sem elhanyagolható tényező, amelyek közül magától értetődően a legfontosabb a láthatóság, és az azt befolyásoló tulajdonságok (vastagság, láthatóság növelésére alkalmazott eszközök) [3]. Madarat áramütés akkor érhet, ha a teste hidat képez két, eltérő elektromos potenciálú pont között, azaz minden olyan oszlop, amelyen a madár a végtagjaival vagy a fejével egy időben érinthet két szabadvezetékét vagy egy földelt oszloplelemet és egy szabadvezetékét, veszélyezteti a vadon élő madarainkat. A legveszélyesebbek számukra a középfeszültségű vezetékek, amelyek sajnos a legkiterjedtebb hálózatokat alkotják Magyarországon [1–3]. Az említett vezetékeken kívül azonban több problémás elem is van: a kisméretű oszlopok és vezetékek a fehér gólyák esetében jelentenek nagyobb kockázatot, mivel ez a faj szinte kizárólagosan az elektromos hálózat oszlopain költ hazánkban. Szintén említést érdemel egy olyan veszély, amely esetében az erre irányuló vizsgálatok híján csak kevés információval rendelkezünk: a villamosított vasútvezetékek középfeszültségű hálózatai. Vannak azonban olyan elemei is az elektromos rendszereknek, amelyek valamelyest hozzá is tesznek a vadmadárfauna virágzásához. Korábbi tanulmányok leírták, hogy az akkor vizsgált létszámú kerecsensólyom-állomány 62%-a a magasfeszültségű oszlopokon

Áramütés szempontjából a legveszélyesebbek a középfeszültségű vezetékek

Minél nagyobb testű
egy madár, annál
nagyobb az esély
arra, hogy áramütés
áldozata legyen

költ, részben mesterséges ládákban [5]. Ebben az esetben a vezetékek közötti közel 2 méteres távolság elég ahhoz, hogy áramütés szempontjából biztonságosnak nyilváníthatóak legyenek, azonban sajnos ütközéses baleseteket még így is okozhatnak. Az oszlopok fejszerkezetén kívül, ami alapján több csoportba sorolhatjuk azokat, ill. amely csoportok szerint különböző veszélyességi kategóriák is kialakításra kerültek, több tényező is befolyásolja az áramütések valószínűségét [3].

Méretük szerint a madarak négy kategóriába sorolhatóak az MME tanulmányai szerint: *nagyméretű madarak*: gólyák, gémek, sasok, kígyászölyv, uhu; *közepes méretű madarak*: ölyvek, héja, nagyobb sólymok, közepes baglyok, nagyobb varjúfélék; *kisméretű madarak*: karvaly, vércsék, kisebb baglyok, szalakóta, galambok, kisebb varjúfélék, egyéb nagyobb énekesmadarak; *apró termetű madarak*: kisebb énekesmadarak. Minél nagyobb testű egy madár, annál nagyobb az esély arra, hogy áramütés áldozata legyen, mivel minél nagyobb a szárnyfesztávolság, annál könnyebben alakulhat ki zárlat a két áthidalt pont között. Kor szempontjából megfigyelhető, hogy a tapasztalatlanabb, saját territóriummal még nem rendelkező madarak gyakrabban választják pihenésre a villanyoszlopokat, és tapasztalatlanságukból adódóan, főleg abban az időszakban, amikor repülni tanulnak, gyakrabban esnek áldozatul a vezetékeknek. Ebben az időszakban az ütközéses balesetek száma is kifejezetten nagyobb [3, 4, 6]. Mindezek nagyban hozzájárulhatnak ahhoz, hogy a populációk előregedjenek, és fokozottan veszélyeztetett fajok esetében akár az állomány maga is veszélybe kerülhet [7, 8]. A veszélyeztetettség szempontjából sokat számítanak az állatra jellemző mozgásmotívumok, pl., hogy az adott madár hogyan vadászik, mennyire gyakran pásztázza a terepet magasabb ponton ülve, amelyre a villanyoszlopok tökéletesen megfelelnek. Ez a vadászati mód az egerészölyvekre kifejezetten jellemző, amit a statisztikák is alátámasztanak, hiszen sokkal nagyobb arányban szenvednek áramütéses sérüléseket. Emellett pl. párzási időszakban a rivalizáló hímek, vagy predáció közben a zsákmányállatok is nagyobb eséllyel válhatnak figyelmetlenné és eshetnek a légvezetékek áldozatául.

A madarak egészségügyi állapota is vizsgálendő, mivel bár sok esetben az elhullást egyértelműen az áramütés okozta, azonban a baleset egy már korábbi alapbetegség, vagy hajlamosító tényező miatt következett be. Ilyen tényező lehet pl. bármilyen korábbi, a röpképességet befolyásoló sérülés, mérgezés, fej-, ill. szemsérülés vagy fertőző betegség, amely általános gyengeséget okozhat. Az időjárás esetében a szeles, ködös idő mellett befolyásolhatja az ütközéses balesetek előfordulását az esőzések. A nedves toll vezetőképessége a száraz tollazathoz viszonyítva akár százszoros is lehet [9, 10], amellett, hogy a madarak ilyenkor nehezebben is repülnek, így manőverezni sem tudnak tökéletesen, szívesen megpihennek az első adandó lehetőségnél, ami gyakran lehet egy villanyoszlop is. Az Egyesült Államokban végzett tanulmányok arra a következtetésre jutottak, hogy ezen időjárási tényező fennállása esetén a nedves tollazat nemcsak jobb vezető, de az evezőtollak és faroktollak önmagukban is vezetővé válhatnak, amely jelentősen megnöveli az egyed számára az áramütéses baleset bekövetkezésének esélyét [9].

Az MME 2010-ben publikált becslése alapján az éves elhullások számának körülbelüli értéke 42 000–500 000 egyed között van, azaz évente átlagosan több százezer madár esik áldozatul a számukra nem biztonságosan kiépített elektromos hálózatnak, amelyek természetvédelmi értéke még hozzávetőlegesen is több milliárd forintot jelent [3].

ÁRAMÜTÉSEK OKOZTA SÉRÜLÉSEK JELLEMZŐI ÁLLATORVOSI SZEMPONTBÓL

Az áramütések a legalattomosabb, legkiszámíthatatlanabb sérülések közé tartoznak. Frissen balesetet szenvedett eseteknél előfordul, hogy csak a tollak alatt nehezen észrevehető, ödémás szárnyvégduzzanat, egy lassabb fogóreflex az egyik lábon vagy egy apró, a bőrön lévő, akár környezeti szennyeződések tűnő feketés folt sejteti azt,

Madarak esetében a tollazat szigetelése gyakran megvédi őket a halálos áramütéstől

Gyakoribbak a végtagtörések, a végtag, végtagok, ujjak amputációja, ill. a zuhanás nyomán kialakuló tompa traumák

hogy az adott egyed áramütést szenvedhetett korábban. Természetesen az ilyen jellegű dilemma csak friss esetről merül fel, több napos vagy akár több hetes sérülések esetén már sokszor csak a végtagcsonkok láthatóak. Emberek esetében az áramütéses sérülések gyakrabban halálos kimenetelűek, és szinte minden esetben kisebb vagy nagyobb égési sérüléssel járnak, azonban a madarak „szerencséjére” tollaik szigetelése több esélyt ad számukra a túlélésre, és sok esetben megvédi őket látványos, nagyobb kiterjedésű égési sérülések kialakulásától [11]. A végtagtörések, vagy a végtag, végtagok, ujjak amputációja is gyakran előforduló sérüléstípusok. A töréseket jellemzően az elektromos hatás okozta hirtelen és erőteljes izomösszehúzódnak okozza [11]. A tompa traumára utaló elváltozások, a bordatörések vagy zúzódások jelenléte szintén áramütés gyanúra ad okot, mivel ezek a baleset után bekövetkezett zuhanás következményei is lehetnek. Jellemző, hogy a sokszor nehezen észrevehető, az állat életét nem veszélyeztető, kis méretű külső sérüléshez kifejezetten nagyméretű belső szervi károsodás társul, mint pl. a májrepedés vagy a belső szerveket érintő égések, a keringési rendszert ért trauma után kialakuló testűri vérzés vagy szívtamponád. Kórszövettani vizsgálat során statisztikailag a legjellemzőbb az intraepidermalis hólyagképződés, ill. az alvadásos elhalás, de ezek meglete még együtt sem számít patognomikusnak, azaz diagnózist erre még nem alapozhatunk a kórelőzmény ismerete nélkül, hiszen egyéb eredetű égési sérülés, horzsolás vagy fagyás is hasonló szöveti képet adhat (1–2. ábra). A bőr kórszövettani vizsgálata madarak esetében szintén kihívást jelenthet a vékonysága miatt. A legtöbb



1. ÁBRA. Áramütött fehér gólya lába, amelyen jól láthatóak az áramütésre jellemző sérülések: az ödémás duzzanat és az égések a bőrfelszínen (MÁTÉ LILLA felvétele)



2. ÁBRA. Áramütött fehér gólya lába, amelyen jól láthatóak az áramütésre jellemző sérülések: az ödémás duzzanat és az égések a bőrfelszínen (MÁTÉ LILLA felvétele)

FIGURE 1. The leg of an electrocuted white stork, showing the typical electric shock injuries: oedematous swelling and burns on the skin surface (photo by LILLA MÁTÉ)

FIGURE 2. The leg of an electrocuted white stork, showing the typical electric shock injuries: oedematous swelling and burns on the skin surface (photo by LILLA MÁTÉ)

esetben azonban sajnos hazai körülmények között az állatok el sem jutnak addig, hogy kórszövettani vizsgálatot végezzenek rajtuk. Az áramütés hatására kialakult elhalás a túlélő embereknél az erek akár napokkal később bekövetkező szakadásához vagy trombózis képződéséhez vezethet, amelyek újabb károsodás, vagy akár halál okozói lehetnek. [11].

**Az áramütések
általában multifokális,
de legalábbis minimum
két végtagon jelentkező
sérüléseket okoznak**

A diagnózis felállításához fontos szempont, hogy míg egyéb égési sérülések csak lokális, addig az áramütések általában multifokális, de legalábbis minimum két végtagon jelentkező sérüléseket okoznak (3–5. ábra), amely semmilyen más baleset esetében nem számít tipikusnak. További vizsgálatok szintén segíthetnek a kórok meghatározásában, ha a szabad szemmel látható elváltozások nem egyértelműek, akkor a mikroszkóp használata segíthet elkülöníteni az égett sérüléseket a szennyeződéstől, vagy a más módon sérült szövetektől. A megégett tollak általában

3. ÁBRA. Vörös vércse több napos szárny sérülése
Jól láthatóak az elszenesedett szövetek
(MÁRTON VLAD ANDRÁS felvétele)

FIGURE 3. Several days old wing lesion of a common kestrel
The charred tissue is clearly visible
(photo by VLAD ANDRÁS MÁRTON)



4. ÁBRA. Fészekből kiesett, áramütött fehér gólya fiókája lábszára
Jól láthatóak az elszenesedett szövetek, ill. a lábvég hiánya.
A comb felső harmadában egy madármentő által felhelyezett kötés látható
(MÁTÉ LILLA felvétele)

FIGURE 4. The foot of an electrocuted white stork chick, fallen out of the nest
The charred tissue and the absence of the foot are clearly visible. In the upper third of the thigh, a bandage applied by a bird rescuer can be seen
(photo by LILLA MÁTÉ)



5. ÁBRA. Vörös vércse lába
áramütés után

Látható az ízület felett
az égett bőrfelület, ill.
alatta a már elhalt lábvég
(MÁRTON VLAD ANDRÁS
felvétele)

FIGURE 5. Common kestrel's leg after electrocution
The burnt skin above the
joint and the already necrotic
foot at the distal region
can be well seen
(photo by VLAD ANDRÁS
MÁRTON)



letörnek, a csonkolt végeik pedig megolvadnak és elszenesednek, ami szintén mikroszkóp alatt megfigyelhető. A röntgenvizsgálat nagyon fontos diagnosztikai eszköz ilyen esetekben, mivel segíthet elkülöníteni egyéb, hasonló sérülések okozására képes kórokokat, pl. törések vagy testűri vérzés esetén a lőtt sérüléseket. Fontos, a hazai gyakorlatban még nem jellemzően használt módszer lehet a fotolumineszcencia használata [11]. Az 530–570 nm-es fényforrás alkalmazása vörös szűrővel segít kiemelni az elszenesedett bőrt, tollakat, ill. a csőr keratinrétegét és akár finom égési sérülések beazonosításában is nagy segítség lehet. Az elszenesedett szövetek élénkpiros fényben fognak fényleni, míg a sérülésmentes területek vagy csupán kontaminált bőrfelületek egyáltalán nem világítanak. Előfordulhat azonban, hogy a megégett területek már nincsenek az állaton – pl. egy már elveszített végtag esetén. Vagy amikor a test, már bomlásnak indult vagy esetleg ragadozók vagy dögevők fogyasztottak belőle.

*Az áramütések
kezelésére jelenleg
nincs általános, jól
működő protokoll*

Jelenleg az áramütések kezelésére nincsen általános, jól működő protokoll, mivel sajnos napjainkban is a legtöbb állat sérülései az élettel összeegyeztethetetlenek. Leggyakrabban tüneti kezelésből, fájdalomcsillapításból, vérárvadástól, folyadékpótlásból, mesterséges táplálásból és az éritett területek vérellátásnak stimulálásából tett kísérletből áll, azonban ezen a téren a tapasztalatok gyakran különbözőek. Az életben maradt állatok nagy százaléka pedig csak állatkertekben vagy mentőhelyeken tartható tovább, ahol a férőhelyek kis száma korlátozza sérült egyed elhelyezését.

HAZAI JOGSZABÁLYI VONATKOZÁSOK

A hazai jogszabályok közül az alábbiakban felsoroltak hozhatók összefüggésbe az áramütések okozta madárpusztulásokkal:

Az 1996. évi LII. törvény a természet védelméről kiterjed valamennyi természeti értékre és területre, és a velük kapcsolatos minden tevékenységre. Céljával tűzi ki a biológiai sokféleség fenntarthatóságát, és elrendeli, hogy a természet védelméhez fűződő érdekeket a gazdasági, terület- és településfejlesztési döntések és hatósági intézkedések során figyelembe kell venni. Ennek megfelelően az elektromos légvezetékek létesítésekor és felújításakor olyan műszaki megoldásokat kell alkalmazni, amely a vadon élő madarakat nem veszélyezteti. Fontos eleme továbbá, hogy tilos a védett állatfajok egyedeinek zavarása, ill. pl. szaporodásának veszélyeztetése a költőhelyek lerombolásával, amely a villanyoszlopokra épített fészkekre is vonatkozik.

A 2007. évi LXXXVI. törvény a villamosenergiáról kiterjed arra is, hogy új termelői kapacitások engedélyezése során érvényesíteni kell olyan szempontokat is, mint a természet és a környezet védelme.

A Büntető törvénykönyv szerint aki fokozottan védett élő szervezet egyedét, valamint védett élő szervezet vagy az Európai Unióban természetvédelmi szempontból jelentős növény- vagy állatfaj egyedeit károsítja vagy elpusztítja, büntette miatt három évig terjedő szabadságvesztéssel büntetendő. Ha az elpusztított élő szervezet egyedeinek külön jogszabályban meghatározott pénzben kifejezett értékének együttes összege eléri a fokozottan védett élő szervezet egyedei esetében megállapított, pénzben kifejezett legmagasabb érték kétszeresét, és az élő szervezet állományának fennmaradását veszélyezteti, valamint ezt a bűncselekményt gondatlanságból követi el, akkor a vétség miatt két évig terjedő szabadságvesztéssel büntetendő.

A 33/1997. (II.20.) Korm. rendelet szerint a természetvédelmi bírság alaphírságból vagy az alaphírság és az azt módosító tényezőkhöz hozzárendelt szorzószám szorzatával kiszámított bírságösszegeből áll. Meghatározott védett élő szervezet tömeges pusztulása esetén, más védett természeti érték, ill. védett természeti terület helyreállíthatatlan károsodása esetén 5-ös, és ha az elkövetővel szemben az elkövetéstől számított 2 éven belül természetvédelmi bírságot szabtak ki, valamennyi eset után 2-es szorzót kell alkalmazni.

Az 1998. évi XXVIII. törvény alapján állatkínzásnak minősül az állat szükségtelen, fájdalmat okozó bántalmazása, amely tartós félelmet vagy egészségkárosodást okozhat. A törvény kimondja továbbá, hogy ha az állat vadon élő és nem vadászható egyed, amelynek gyógyulása nem várható és szabadon élésre vagy fogságban tartásra alkalmatlan, az állatvédelmi hatóság köteles az állat életének fájdalom nélküli kioltásáról gondoskodni.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Két módszert alkalmazva szerettük volna felmérni azt, hogy hogyan is viszonyulnak azok a személyek az áramütések okozta madárpusztulások problémájához, akik rendszeresen találkozhatnak ezzel. Egyrészt világosabb képet szerettünk volna kapni arról, hogy mit gondolnak a jelenlegi helyzetről országunkban, látnak vagy láttak-e változást az utóbbi években, másrészt meg szerettük volna tudni, hogy mik a meglátásaik azzal kapcsolatban, hogy mennyire kilátástalan egy ilyen esetben megsérült madár helyzete, ill. mit gondolnak a tartósan sérült egyedek elhelyezési lehetőségeiről (6. ábra). Igyekeztünk figyelembe venni azt is, hogy különböző hatáskörű személyek kerülhetnek kapcsolatba az áramütések áldozataival, akik különbözőképpen kezelhetik az adott helyzeteket. A továbbiakban hosszú távú terveink között szerepel, hogy teljeskörű felmérést készítsünk minden magyarországi nemzeti park és az intézkedési lánc összes szereplője bevonásával.

Munkánk egyik elemeként személyes interjúkat készítettünk nagyobb madármentő szervezetek vezetőivel, amelyek során megkérdeztük, hogy hány esettel találkoznak éves szinten, mely fajok érintettek, a sérült állatok milyen állapotban kerülnek hozzájuk, milyen kezelési protokollt alkalmaznak, milyen a túlélési arány, hány állat lesz szabadon engedhető, ill., hogy milyen arányban és milyen okból választják az eutanáziát. Megkérdeztük, hogy használják-e az MME elektromos űrlapját, és látják-e ennek hasznát. Érdeklődtünk, hogy bírálták-e már őket az eutanáziák miatt, ill. megkérdeztük, hogy mennyire látnak bele a jelenleg zajló átalakításokba, és hogy mit gondolnak a jelenlegi helyzetről, és számítanak-e változásra a közeljövőben. Terveink között szerepelt továbbá, hogy ne csak kérdésekre válaszolhassanak, hanem lehetőséget adjunk arra, hogy saját véleményüket vagy gondolataikat is kifejthessék a témában.

Hipotézisünk szerint azért nincsenek jelentős előrelépések és megoldások ebben a kérdéskörben, mert nincsen megfelelő jogi szabályozás a jelenség megoldására. Továbbá a téma állatvédelmi vonulatát is körbe szerettük volna járni, hiszen

A szerzők személyes interjúkat készítettek nagyobb madármentő szervezetek vezetőivel

6. ÁBRA. *Fiatal fehér gólya „műlábbal” egy magyarországi mentőközpontban (MÁTÉ LILLA felvétele)*

FIGURE 6. *A young white stork with a "prosthesis" replacing its left leg in a rescue centre in Hungary (photo by LILLA MÁTÉ)*



*Kérdőív segítségével
egy nagyobb
madármentő
közösség tagjait
is megkeresték*

védett és fokozottan védett fajok egyedeinek százezrei hullanak el évente egy olyan probléma miatt, amely megfelelő szabályozással és törvények betartásával megoldható lenne.

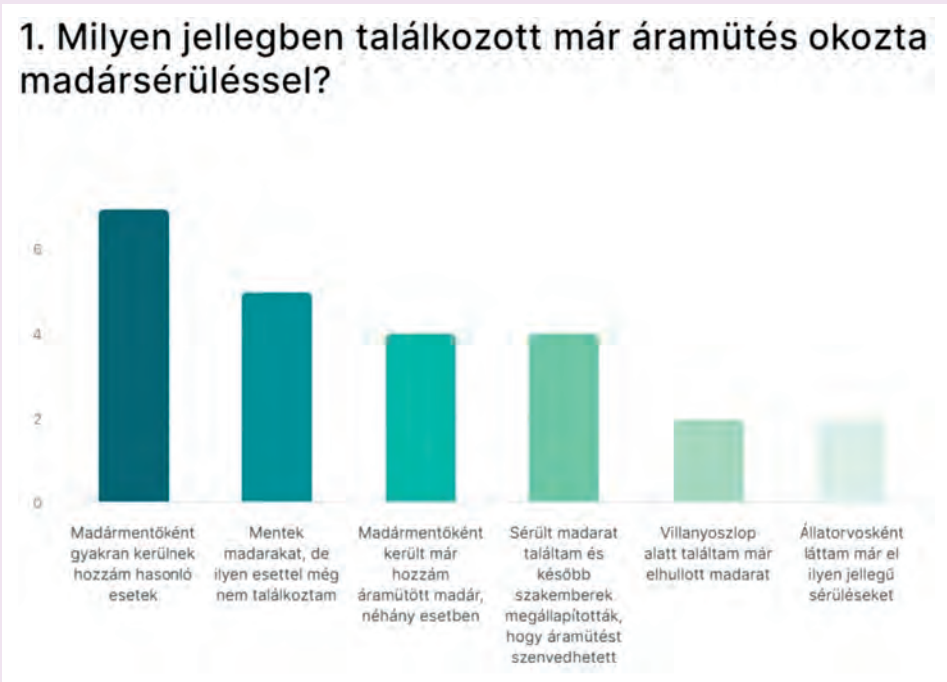
A személyes interjúkon kívül a közösségi média platformjain keresztül Google forms kérdőív segítségével megszólítottunk egy nagyobb madármentő közösséget is, amelynek tagjai madármentő személyek mellett állatorvosok és olyan önkéntesek is, akik szállításban vagy adományozásban vesznek részt. 23 személy töltötte ki a kérdőívet, jelentős részük 5–10 éve végez madármentő munkát. A kérdőívben többek között olyan kérdéseket tettünk fel, hogy milyen formában találkozott már áramütés okozta madársérüléssel vagy hogyan jellemezné a madármentő tevékenységét? Találkozott-e már áramütés után felépült életképes madárral, és mit gondol a tartósan sérült egyedek életminőségéről.

EREDMÉNYEK

A 7. ábrán látható, hogy a kitöltők milyen helyzetben találtak áramütést szenvedett madárral. A legnagyobb számban olyan madármentők töltötték ki a kérdőívet, akik gyakran fogadnak hasonló eseteket, de voltak olyanok, akik még csak elhullott madarakkal találtak villanyoszlopok alatt, ill. olyan személyek is, akik állatorvosként láttak már el hasonló eseteket. A 8. ábrán látható, hogy a kitöltők hogyan jellemezték saját madármentő tevékenységüket. A legtöbb válaszadó madármentéssel foglalkozó személy, aki rendszeresen fogad sérült állatokat, második helyen pedig az a csoport volt, aki főként információgyűjtés és tanulás érdekében követi nyomon a mentési folyamatokat. A legtöbben 5–10 éve foglalkoznak madármentéssel és Pest megyében, ill. Budapesten tevékenykednek. A döntő többség úgy nyilatkozott, hogy nem kezdi el a sérültek ellátását azonnal, inkább minél hamarabb hozzáértő kezekbe juttatja a sérült állatot. A válaszok alapján sajnos az elhullás vagy az eutanázia a leggyakoribb végekimenetel (9. ábra). Minden eset egyedi elbírálást igényel a válaszadók több, mint fele szerint, azonban ebben az esetben szinte minden választási lehetőségre érkezett szavazat. Így vannak, akik úgy gondolják, hogy az eutanázia semmiféleképpen

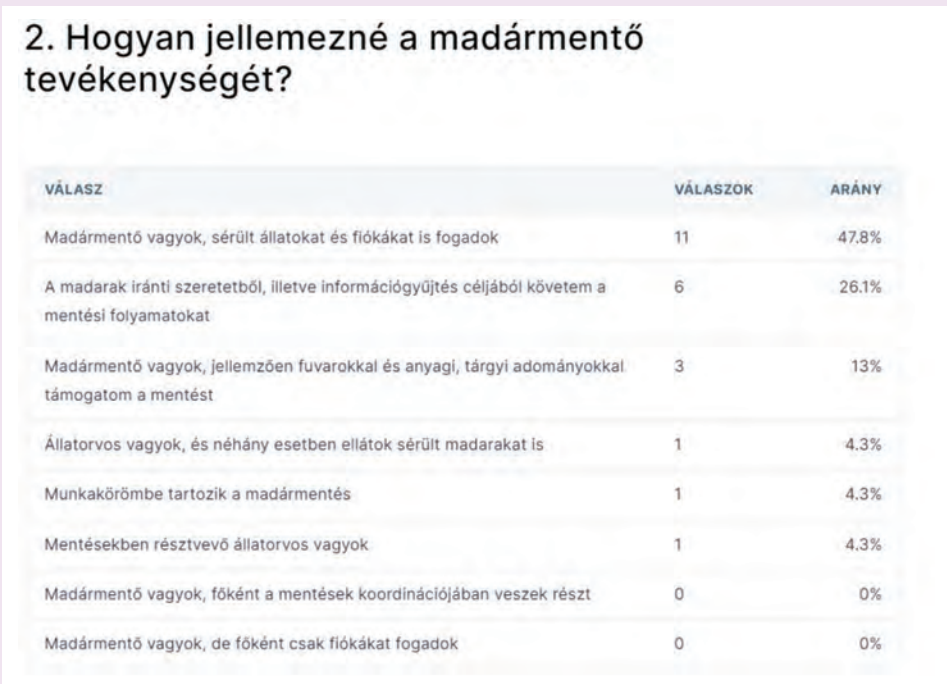
7. ÁBRA. Válaszok a
“Milyen helyzetben találko-
zott már áramütés okozta
madársérüléssel?” kérdésre

FIGURE 7. Answers to the
question "In what situation
have you ever encountered
an electrocuted bird injury?"



8. ÁBRA. A kérdőív második
kérdésére adott válaszok
százalékos megoszlása

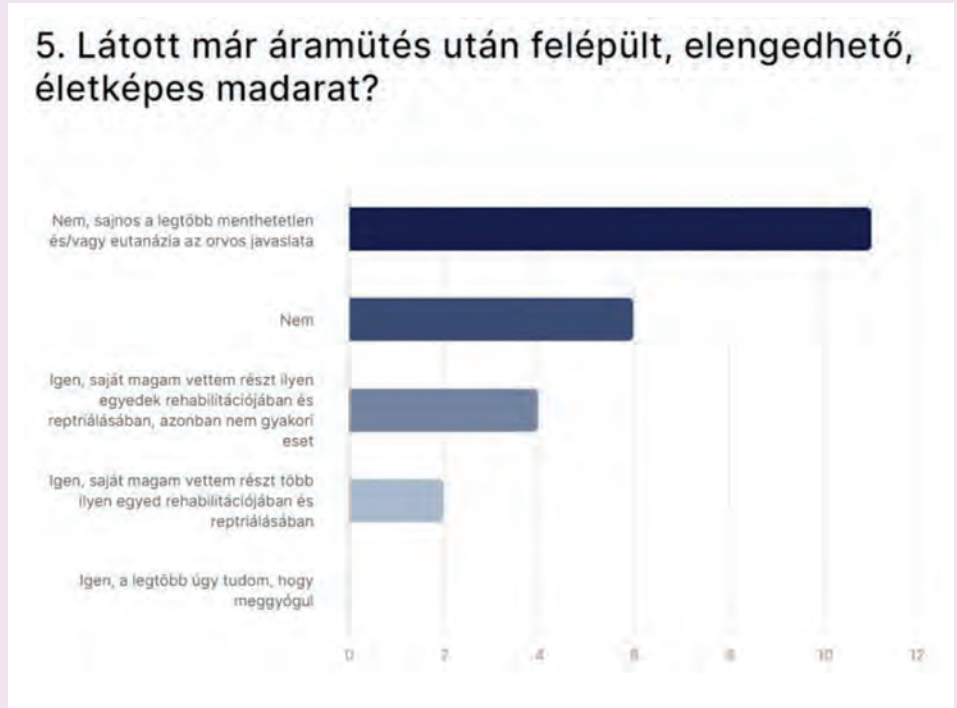
FIGURE 8. Percentage
distribution of responses to
the second question of the
questionnaire



nem lehet opció, és mindenki megérdemli az esélyt az életre, vannak, akik szerint kisebb fajok esetén, ha önállóan táplálkozni és szaporodni is képesek fogságban, akkor megfelelő lehet a zárt körülmények között való tartás, és sokan azzal is egyetértettek, hogy ha az állat túl stresszes, vagy ha mérete miatt a későbbiekben súlyos mozgásszervi problémák kialakulására van esély, akkor nem lenne szabad fogságban tartani (11. ábra). Olyanok is voltak, akik úgy nyilatkoztak, hogy korábban vadon élő állatnak egyáltalán nem szabadna fogságban élnie. A legnagyobb számú madárpusztulást okozó tényezőkre vonatkozó kérdés esetén, ahol a természetes elhullásokat nem figyelembe véve lehetett választani az opciókból, a legtöbben az ember okozta egyéb okokat (autóbalesetek, ablakok és egyéb tompa felületek, ragasztós rovarcsapdák stb.)

9. ÁBRA. A kérdőív ötödik kérdésére adott válaszok megoszlása horizontális oszlopdiagramon

FIGURE 9. Distribution of answers to the fifth question of the questionnaire on a horizontal bar chart



10. ÁBRA. A kérdőív nyolcadik kérdésére adott válaszok megoszlása vertikális oszlopdiagramon

FIGURE 10. Distribution of responses to the eighth question of the questionnaire on a vertical bar chart



választották, emellett második helyen voltak a macska-, és kutyatámadások okozta madárpusztulások (10. ábra). A válaszadók 87%-a gondolta úgy, hogy a magyar elektromos hálózat elavult. Kb. 50% volt tisztában azzal, hogy az MME honlapján az áramütések bejelentéséhez elektronikus űrlap is elérhető. Túlnyomó többségük azonban még nem használta bejelentésre az űrlapot, vagy ha tett is bejelentést, nem tapasztalta, hogy ez bármilyen változást eredményezett volna. Arra a kérdésre, hogy milyen arányban kerülnek szigetelésre a problémát jelentő oszlopok a legtöbben nem tudtak válaszolni, és szintén 50–50% érkezett arra a kérdésre, hogy hisznek-e az emberek abban, hogy valaha is látható változások következnek be országunkban ezen a területen. A madárpusztulások mértékének csökkentésére vonatkozó kérdés esetén a

11. ÁBRA. A hetedik kérdésre adott válaszok százalékos megoszlása

FIGURE 11. Percentage distribution of responses to question seventh



12. ÁBRA. A kérdőív tizen-negyedik kérdésére adott válaszok megoszlása horizontális oszlopdiagramon

FIGURE 12. Distribution of responses to the fourteenth question of the questionnaire on a horizontal bar chart



megkérdezettek több választ tudtak olyan sorrendbe tenni, hogy állást foglaljanak szerintük melyik változás lenne a legcélravezetőbb. A kialakult sorrendet a 12. ábra szemléltetni. A kérdőív végén két egyedi válasz is érkezett, amelyek esetében az egyik kitöltő azt írta, hogy ő biztos forrásból tudja, hogy a jelentős költségek miatt lassan, de folyamatosan haladnak a modernizálások. Egy másik madármentő igen konkrét aggályokat is megfogalmazott, amit most szeretnénk szó szerint idézni a pontosság kedvéért: „A "biztonságosnak" nyilvánított szakaszokon is érdemes lenne további vizsgálatokat végezni, hogy az új oszlopfejek, avagy szigetelő papucskok valóban elérik-e a kívánt hatást. Amennyire tudom egy adott oszlopnál a megtalált tetemek természetvédelmi értékének el kell érnie a fokozottan védett kategória alsó határát, hogy a háló-

zat üzemeltetőjét kötelezni lehessen az "azonnali" cserére. Ez egyébként a konkrét oszlopot és max. még a tőle 2–2 oszlop távolságban lévőket jelentheti.” A továbbiakban a személyes interjúk kivonata olvasható:

BIRDMANIA MADÁRPARK ÉS TERMÉSZETVÉDELMI-MENTŐKÖZPONT (MÁRTON VLAD ANDRÁS):

A fehér gólyákon kívül a leginkább érintett fajok a vörös vércse, az egerészölyv, a macskabagoly és az erdei fülesbagoly, amelyek egyedei ezekről az oszlopokról pásztáznak vadászatuk során. A mortalitás nagyon jelentős, kb. 10%-a éli túl a vezetékekkel való találkozást. Az egyik lábukat elvesztett állatok elaltatásra kerülnek közülük. Több bevált praktikájuk is van a sérültek kezelésére, pl. a folyamatos és potenciált fájdalomcsillapítás, ill. a mikrokeringési zavarok helyreállításának megkísérlése különböző kenőcsök szövetekbe masszálásával az érintett területek esetében. Mindig a nyújtható életminőség felmérése a fontos, – a végtagjukat elvesztett állatok a megfigyelések alapján szaporodásra képtelenek lesznek, mivel nem tudnak lábukkal kapaszkodni.

Az eddigi projektjeikkel közvetlenül az áramszolgáltatót célozták meg a régióban.

A jogszabályi megfogalmazás hibája, hogy a természetkárosítást nem lehet gondatlanságból elkövetni, így hiába szabályozza ezt a kategóriát a Btk., nem lehet szankcionálni.

A kábelek föld alatti elvezetése technikailag megoldható. Hiszen a víz-, és gázvezetékek is a föld alatt haladnak. Országunkban legalább ötször annyi oszlop van, mint amennyit a hálózat igényelne, több esetben gyakorlatiasabb fejszerkezetekkel csökkenteni lehetne az oszlopok jelenlegi számát, ezzel pedig az áramütések valószínűségét. Az áramütés megelőzése szempontjából a leghatékonyabb természetesen az lehetne, ha beton villanyoszlopok, függesztett beton fejszerkezettel kerülnének kihelyezésre. Ebben az esetben, mivel a beton nem vezeti az áramot, a fejszerkezet papucsokkal való szigetelése is értelmét vesztené. A szigetelő papucsok csak igen rövid távra, körülbelül 3 évre nyújtanak megoldást, ezután a műanyag lebomlása miatt jelentősen csökken a szigetelő képessége, és még száraz állapotban sem szigetel megfelelően.

Az is nagyon fontos lenne, hogy minden természetvédelmi őr leadja az éves jelentéseket arról, mely oszlopok cseréje lenne szükséges. Ez lehetne a kiindulópont, amivel fel lehetne térképezni, merre helyezkednek el a legproblémásabb oszlopok, amelyek cseréje évről évre javíthatna a helyzeten. A vonulási áramütéses balesetek megelőzésére az egyik leghatékonyabb megoldás pedig az lehetne, ha nyomkövetőkkel fel lehetne térképezni a gólyák vonulási útvonalát – főként az éppen kirepült fiatalok védelme érdekében, felmérés alapján – beülésgátlókat kellene felszerelni, ill. olyan oszlopfejeket alkalmazni, amelyek meggátolják az állatokat abban, hogy ezeket a villanyoszlopokat használják. A beülésgátlók mellé hiánypótlásként T-oszlopok kerülhetnének kihelyezésre, amikre leszállhatnának pihenni a madarak.

A villamosenergia-törvényben kimondottak, miszerint új termelő egységet csak a természetvédelmi szempontok betartásával lehet létesíteni, ANDRÁS szerint valóban betartásra kerülnek, napjainkban is.

Az energiaszolgáltatóval az utóbbi 10 évben sok kisebb és nagyobb konfliktus után 2017 óta igen szoros kapcsolat alakult ki. Az idei évben több, mint 21 új gólyafészek került kihelyezésre, amelyek tervezésben ANDRÁSnak volt a legnagyobb szerepe. Az újonnan kihelyezett verziókban jelenleg szinte mindenhol költenek gólyák, amikben nem, ott már egyébként is csak jövőre várnak újabb költést. A Madárpark vezetője azt is elmondta, hogy segít megállapítani, hogy mely helyekre van értelme a fészekalapokat felrögzíteni. A régiójukban, Komárom-Esztergom vármegyében az áramütések száma töredéke az országos átlaghoz képest, szinte már az egész régiót gólyabiztossá tudták alakítani.

*Hazánkban
legalább ötször
annyi villanyoszlop
van, mint amennyit
a hálózat igényelne*

Együttműködésükért eddig sem, és most sem fogadtak el pénzt, hiszen az állatokért dolgoznak, nem a saját javukra.

A leggyakrabban érintett madárfaj a vörös vércse

FEHÉR HOLLÓ VADMENTŐ ALAPÍTVÁNY ÉS TERMÉSZETVÉDELMI MENTŐKÖZPONT (SÁRKÁNY BEÁTA):

Szezononként a beérkező madarak körülbelül 10%-a áramütött. A legtöbbet vörös vércséből, egerészölyvből és fehér gólyából látják. Az esetek legtöbbször friss sérülés, ritka az, hogy már több napos, esetlegesen egyes végtagjaikat elvesztett állatok érkezzenek. A legjellemzőbb tünetek a duzzanat a lábon vagy a szárnyvégen, ill. az égési sérülések a végtagokon. A mortalitás 90% körüli, a túlélők maradandóan károsodottak. Minden olyan esetben, ahol a láb érintett, eutanázia lesz a végső döntés. Az Alapítvány létezése óta még egyetlen egy olyan állat sem volt, aki elengedésre került volna egy ilyen baleset után. Nincs külön kezelési protokolljuk, minden esetben állatorvos írja elő a kezelést, amit maradéktalanul betartanak. Az MME által létrehozott űrlapot nem szokták használni, azonban közvetlenül a nemzeti parknak jelzik, ha olyan szakaszt látnak, amely problémát jelenthet. Több évtizedes együttműködés gyümölcseként BEÁTA arról számolt be, hogy a régióban példamutató a mentőszervezetek, a nemzeti park és az áramszolgáltató együttműködése, és szinte minden jelentett szakasz rövid időn belül szigetelésre kerül. SÁRKÁNY BEÁTA két dolgot szeretett volna a beszélgetésünk végén kihangsúlyozni. Ezek közül az egyik, hogy az ilyen jellegű együttműködések országszerte is célravezetőek lehetnének, azonban ehhez több esetben nagyon sokat kellene javítaniuk a kommunikációjukon az adott feleknek. A másik kiemelt gondolat az volt, hogy nagyon fontos lenne a mentőknek, és sokszor a mentésben résztvevő állatorvosoknak is azt megértenie, hogy ezeket az állatokat, amelyek sokszor fájdalomcsillapítás ellenére is csonkítani kezdik saját magukat, nagyon fontos lenne a felesleges szenvedéstől megkímélni. Véleménye szerint egyáltalán nem elfogadható, hogy több esetben tulajdonképpen megvárják, hogy az állat magától pusztuljon el. Igenis ki kellene hangsúlyozni azt a jogszabályi követelményt, hogy amennyiben tudjuk, hogy az állaton nem lehet segíteni, akkor alkalmazzunk eutanáziát, ne tegyük ki felesleges szenvedésnek az állatot, mivel ez állatkínzásnak minősül.

KÖRÖS-MAROS NEMZETI PARK (CZIFRÁK GÁBOR):

Szinte kizárólagosan csak elhullott állatokat találnak a vezetékek alatt, sajnos közel 100%-os a mortalitás. A régióban él az ország egyik legjelentősebb tűzokpopulációja, ami az itthoni állomány közel felét teszi ki. Az áldozatok általában öreg tűzokkakasok, de előfordulnak fehér gólyák, vörös vércsék és egerészölyvek, és egyéb nagytestű ragadozómadarak, pl. parlagi sasok is. Parlagi sasok esetében egyelőre kizárólag csak fiatal egyedekben találtak ilyen jellegű sérülésekkel. Fehér gólyákat illetően a kirepülési időszak a legkritikusabb, mivel az első repülések időszakában rendszeresen a fiatalok szenvednek áramütéseket. Jelenleg egy LIFE-Nature Európai Unió Projekt van folyamatban, amely során már nagyobb területeken földkábelek vannak lehelyezve. Ezekben a programokban az MME, a nemzeti park és az áramszolgáltató is kezdeményezett. A nemzeti park közvetlenül az áramszolgáltatónak jelent, éves összegzőket küldenek. Nagyon fontos az áramszolgáltatóval ápolt jó viszony. A földvezetékek lennének nagyobb területeken is a legcélravezetőbbek, azonban ezeknek a kivitelezési költsége igen nagy, jelenleg csak EU-os forrásból valósítható meg.

MÁLYI TERMÉSZETVÉDELMI EGYESÜLET (LEHOCZKY KRISZTIÁN):

LEHOCZKY KRISZTIÁN egyesülete madármentéssel foglalkozik, az ügyintézkést a nemzeti parkra bízzák. Nagyon fontos kiemelni azt, hogy az Egyesületnek igen nagy média támogatottsága van, így nagy tömegeket képesek elérni rövid időn belül.

KRISZTIÁN beszámolt arról is, hogy az utóbbi években talán jobban nyitnak a szolgáltatók az együttműködésre hasonló, állatvédelmi kérdésekben, de nem mindig egyszerű továbbra sem dűlőre jutni velük. Ebben nagyon sokat tud segíteni a népszerűségük a közösségi oldalakon. Egy olyan egyedi ötlettel is előállt hogy milyen forrásból fogják finanszírozni a modernizálásokat, minden elektromos árammal működő termék esetében bevezetésre kerülhetne egy úgynevezett „1 % madárvédelmi hozzájárulás”, amelyből a befolyó összeget elkülönítve kezelve olyan hasznos célokra lehetne használni, mint az elektromos hálózat madárbaráttá tétele.

SÓLYOM VADMENTŐ EGYESÜLET (KORCSOG KRISZTIÁN):

Mivel az Egyesület fő profilja a ragadozó madarak mentése, így egészen nagy arányban találkoznak áramütött egyedekkel: a bekerülőkhöz közel 50%-át teszik ki. Leggyakrabban vörös vércsék, egerészölyvek, fehér gólyák és erdei fülesbaglyok érkeznek ilyen jellegű sérülésekkel. Ezen fajok esetében az éves átlag minimum 50%-a áramütés. Az áramütés okozta sérüléssel érkezők közel 60%-a marad életben, 20% a kezelés ellenére elhullik, és mindössze 10% kerül elaltatásra. Az állatok kezelését általában már szállítás során, az autóban elkezdik: mágnes terápiát alkalmaznak. Pár órással a sérülések esetén tapasztalatuk szerint ez nagyon jól működik, amennyiben napi 3–5 alkalommal van lehetőségük alkalmazni, ennél kevesebbszer nincs értelme. A sebek ellátása és kötözés szintén megtörténik, ezeken felül állatorvossal beszél meg a további kezelést, ill. döntenek az állat sorsáról. Fájdalomcsillapító és antibiotikum szinte mindig a kezelés része. Elengedésre csak egyszer, egy szárnyvég sérült vörös vércse esetében került sor a működésük 2 éve alatt. Általánosságban az az elv, hogy ha az állat elveszítené az egyik lábát, akkor az eutanázia mellett döntenek. Az emelt gólyafészek szép ütemben készülnek az áramszolgáltatók hozzájárulásával, de ez is több évtizedes együttműködés gyümölcse. A szigetelések az egyesület vezetője szerint jól működnek, ha valóban alkalmaznák őket, de sokkal kevesebb kerül felszerelésre, mint amennyi elérhető lenne az országban. Véleménye szerint ez egyértelműen bűncselekmény, méghozzá természetkárosítás, és az állatok felesleges szenvedésnek kitévése révén állatkínzás. A kárnak emellett csak töredéke reálisan megítélhető, hiszen a kisebb testű állatokat a ragadozók hamar összegyűjtik az oszlopok alól. Az is elhangzott, hogy akinek a területén megtörténik egy hasonló eset, és nem tesz ellene, az ugyanolyan cselekménynek kellene, hogy számítson, mintha védett madarakat csapdázna, és ezzel károsítja a természetet. A problémás oszlopok szigetelésére igenis lenne anyagi forrás, de mégsem lehet pontosan mögé látni annak, hogy miért nem oldódott meg legalább részlegesen ez a több évtizedes probléma. Megoldás lehetne, ha a hazai védett fajok mentése állam által finanszírozott, de legalábbis a jelenleginél jobban támogatott terület lenne. Nem utolsósorban pedig, az áramszolgáltatók számára olcsóbb támogatni a nagyobb vadmentő állatkórházak munkáját, mint ilyen jellegű, több munkát és energiabefektetést igénylő tevékenységbe belekezdeni, amilyen az oszlopok szigetelése, vagy legalább a problémás területek kiszűrése, az elektromos hálózat madárbaráttá tétele.

SZENTENDREI KISÁLLATKERT (DR. SCHÜTZ ÉVA):

Jelenleg az évente beérkező mentésre szoruló madarak körülbelül 1%-a érintkezik be áramütés miatt, ez 4–5 madarat jelent. Leginkább vörös vércsét érint a probléma ebben a régióban, a fehér gólyák innen a BirdMania Madárparkba kerülnek, így azokkal nem találkozik a Kisállatkert. Nagyon ritka a friss sérülés, a közelmúltban nem is fordult elő ilyen eset. Minden olyan állat elaltatásra kerül, amely fél lábbal érkezik vagy fél lábúvá válik az áramütés következtében. Ennek elvi alapjai vannak, amiben DR. SCHÜTZ ÉVA megingathatatlan. Úgy gondolja, hogy semmilyen énekesmadárnál nagyobb méretű féllábú (vagy lábatlan) egyed szá-

*Végtag elvesztése
esetén az állatokat
végrelegesen elaltatják*

mára nem lehet megfelelő, élhető körülményeket biztosítani, így állatjóléti kérdés az altatásuk. Sosem tartottak még meg féllábú állatot, nem kísérleteztek ezzel, azonban a doktornő olyan kérdéseket fogalmazott meg, amikre a tudomány jelenlegi állása szerint még nincsenek válaszaink. Pl., hogy mennyi ideig élnek túl ezek a féllábú vércsék, léteznek-e erre statisztikák, pontos nyomon követések, hiszen ezek alapján lehetne azt valóban megválaszolni és tovább vizsgálni, hogy milyen életminőség biztosítható ezen madarak számára zárt körülmények között. Laikusok több esetben fejezték már ki nemtetszésüket, akik szerint esélyt kellett volna adni a végtaghiányos egyedek rehabilitációjára. Állatorvosokkal egyelőre ilyen jellegű konfliktus nem fordult elő. Éva nem használta az MME honlapján elérhető űrlapot, általában a BirdMania közösségi oldalán követi nyomon a régióban történő változásokat, harcokat az áramszolgáltatókkal, azonban szembeötlő változást nem tapasztalt az utóbbi években. Ettől függetlenül hisz abban, hogy változások lesznek a közeljövőben, hiszen a jelenlegi helyzet változásokat kíván, így ezeknek mindenféleképpen meg kell történnie a véleménye szerint.

TOLLAS BARÁT MADÁRMEN-TÉS (KOVÁCS KLÁRA):

A Tollas Barátnál főként vízi és gázlómadarak mentése a fő profil, és egészen kevés ragadozó madarat fogadnak, így az áramütések aránya kicsi, körülbelül 3%. Áramütött állat érkezésekor először is felméri az általános állapotát, elsősegélyt nyújtanak számára, ami sebkezelést és folyadékpótlást jelent a legtöbb esetben, majd amilyen gyorsan csak tudják, állatorvoshoz juttatják az áldozatokat. Amennyiben áramütésre utaló jegyeket látnak (égett tollazat, bőrfelület, vizenyős láb-, vagy szárnyvég), és még friss esetről van szó, heparintartalmú kenőccsel masszálják át az érintett területet naponta 3–4 alkalommal, amellyel a trauma miatt kialakult vérkeringési zavarok szövődményeit próbálják csökkenteni, és ezzel egybekötve lágylézer kezelést is alkalmaznak ugyanazon célból. A kezelések minden esetben állatorvos utasításai szerint történnek, és az esetleges eutanáziát is az orvos végzi el. Amely állatok nem képesek önállóan táplálkozni és helyet változtatni, nem képesek maguktól az időjárás hatásai elől elbújni, a túlélést nem tekintik megfelelő minőségű életnek. Ezek az esetek talán állatkínzásnak is tekinthetők. Az évek alatt eddig egyelőre csak két elengedhető egyeddel találkoztak. Egy karvaly kisebb égett felhamsérüléssel érkezett a mellkasán, és körülbelül egy 2 hónapos rehabilitáció után vált elengedhetővé. A másik egyed egy egerészölyv volt, amelynek a lábán láttunk áramütés jellegű sérüléseket. Általánosságban az állatok 80%-a vagy elhullik vagy elaltatásra kerül. Legtöbb esetben már lesoványodott, csonkolt állatokkal találkoznak, amelyek esetében sokszor már nincs értelme a gyógyszeres kezelésnek, esetlegesen a sebek műtéti tisztítása merül fel, mint segítségnyújtás. Elveik alapján minden olyan állat, amely fél lábbal érkezik, vagy elveszíti az egyik lábát altatásra kerül. Az MME bejelentőjét itt sem alkalmazzák, azonban az energiaszolgáltatónak közvetlenül jelentenek. Tavaly augusztusban pl. Tököl környékén egy teljes fehérgólya-fészekalj esett áldozatul az elavult elektromos hálózatnak, azonban ezután az elkövetkező 2 hónapban a bejelentés után a környező régióban 44 villanyoszlop szigetelése történt meg. A Tollas Barát képviselője szerint az áramütések, ha állatkínzásként nem is, de súlyos természetkárosításként kategorizálhatóak, és szigorúbb szankcionálást érdemelnének. Ami biztos, hogy Dunavarsányban egy bejelentésük után a magasfeszültségű vezetékekre azokat megjelölő gömböket szereltek, mivel azok a bütykös hatyúk repülési magasságában korábban problémát okoztak. KLÁRA szerint a leghatékonyabb az lehetne, ha a kritikus pontokat azonosítanák az egész országban, és ezek madárbaráttá tétele kezdődne meg lépésről lépésre, akár bejelentések alapján is. Szerinte az áramszolgáltatókkal való közvetlen kapcsolat célravezető, mivel szükséges ahhoz, hogy valóban lássák, hol tart a folyamat, és hatékonyabb legyen a kommunikáció a két fél között.

MEGVITATÁS

Az áramütések ilyen nagy száma komoly természetkárosításként kategorizálható

Az eddigiekben felsoroltak több olyan dilemmát emeltek ki, amelyek eddig nem kerültek említésre az áramütésekkel kapcsolatban. Az első ilyen fontos pont a jogi szabályzást érinti. A megkérdezettek közül többen kiemelték azt, hogy ilyen számban fordulnak elő a mai napig áramütések, komoly természetkárosításként kategorizálható. Ezzel az a probléma, hogy a jog jelenlegi állása (1996. évi LIII. törvény, 2012. évi C. tv. 242. § (1)) szerint természetkárosítás elkövetése kizárólag akkor történhet gondatlanságból (242. § (3)), ha az elpusztított élő szervezet egyedeinek külön jogszabályban meghatározott, pénzben kifejezett értékének együttes összege eléri a fokozottan védett élő szervezet egyedei esetében megálapított, pénzben kifejezett legnagyobb érték kétszeresét, vagy amely EK (Európai Községek) tanácsi rendeletben is meghatározott vadon élő szervezet állományának fennmaradását veszélyezteti (242. §(2)). Azaz ahhoz, hogy a leggyakrabban előforduló eseteket szankcionálhassuk, először is a szándékosságot kell(ene) bizonyítanunk, ami viszont a jelenleg a madarak érdekében együttműködő felek között feszültséget szülhetne, és sajnos az is lehetséges, hogy csak lassítaná az éppen szárnyaikat bontogató folyamatokat. A másik akadály pedig, hogy a bírság kiszabása, ill. a károk megtérítése szintén feljelentések alapján történhetne, ami szintén növelné a távolságot az áramszolgáltatók és a madárvédők között, és akadályozná a további kapcsolattartást és együttműködést. Tekintettel arra, hogy az országban érdemi előrelépés nem tapasztalható, indokolt volna a jogszabályok módosítása, hogy azt a jelenlegi helyzetre is alkalmazni lehessen a madarak védelmében. Itt jön be az állam szerepe, és annak érdekei, azonban ebből az irányból aktuális állásfoglalás nem érhető el. Kutatásunk alapján egyedül a civil szervezetek és állatmentők azok, akik a vadmadarakért dolgoznak, és anyagi támogatásuk, pályázati lehetőségük minimális. A nemzeti parkok szintén közreműködnek a folyamatokban, de arra egyelőre nem terjedt ki a kutatásunk, hogy kiderüljön, milyen arányban járulnak hozzá az előrehaladáshoz. Elemzésünk másik fő vonala az állatvédelmi szempontokat igyekezte kiemelni az áramütésekkel összekapcsolható folyamatok során. A legtöbb szakember szerint nem maga az áramütés jelensége az, ami állatkínzásként kategorizálható, hanem az, ami ezután az állatokkal történhet. Az a minimális százalék, amely túléli a balesetet, végtagsérülése(i) miatt élete hátralévő részét fogságban fogja tölteni, tartósan sérültként. De milyen körülmények között? Köztudott, hogy állattartási módok között gyakran jelentős a különbség. Szemléletes a különbség a zsúfoltan elhelyezett, egymást szennyezett kötésben taposó és a röpdében, stresszmentesen tartott madarak életminősége között. Szinte az összes megkérdezett arról nyilatkozott, hogy az olyan egyed esetében, amelynek a lába sérülés jelét mutatja, eutanáziát alkalmaznak, amit legtöbbször azzal indokolnak, hogy az állat így önálló életre képtelen, nem tud megfelelően táplálkozni, ill., hogy ez a későbbiekben további mozgásszervi megbetegedéseket vonhat maga után. Személyes tapasztalataink szerint azonban több esetben is találkoztunk olyan egyedekkel, amelyek egyik lábuk elvesztése ellenére is megfelelően tudták rögzíteni és elfogyasztani a számukra beadott táplálékot, nem volt szükségük egyéb segítségre a gondozóktól a takarmány megtisztítása vagy felbontása, feldarabolása terén. Probléma nélkül tudtak helyet változtatni (a szárnyaikat ért sérüléstől függően), és megtalálták a helyüket fajtársaik között. Ennek ismeretében talán még sokoldalúbb a kérdés, mint ahogy először gondolná az ember, és mindenképpen hiánypótlóak lennének ezirányú vizsgálatok és nyomon követések, amelyek dokumentálják, hogy ez milyen súlyú, milyen sérüléssel rendelkező (mekkora részét veszítette el a végtagnak), és milyen fajú egyedek esetében elfogadható, ha van ilyen, és hol lehetne meghúzni azt a határt, ahonnan állatkínzásnak minősíthető, mivel igazolt, hogy ilyen állatok esetében ez komoly egészségügyi problémákat

Javasolt lenne az ország mentőközpontjaiban és állatkertjeiben a tartósan sérült egyedek elhelyezését állatorvosi szakmai szempontok szerint ellenőrizni

vonhat maga után. A teljes képet nézve azonban ilyen tanulmányok elvégzése szintén állatvédelmi aggályokat vonhat maga után, ami megnehezíti vagy még inkább lehetetlenné teszi ennek megvalósulását. Ennek ellenére azonban javasolt lenne az ország mentőközpontjaiban és állatkertjeiben a tartósan sérült egyedek elhelyezését állatorvosi szakmai szempontok szerint ellenőrizni, mivel jelenleg több helyen látogatók számára megnyitott területeken katasztrofális állapotban, zsúfoltan elhelyezett madarak láthatóak. A kérdőív eredményeit tekintve fontos kiemelni azt, hogy igen szűk körben, mindössze 23 személy által került kitöltésre, és ugyanennyien kezdtek bele, majd hagyták félbe a kitöltést. A kérdések specifikusak voltak, és kis réteget szólítottak meg, emellett magára a kitöltésre csak egy hétig volt lehetőség, ráadásul a jelenlegi madármentők számára létrehozott közösségbe mindössze 77 személy tartozik, a 23 ennek közel egyharmada. A levonható következtetés, hogy még a mentők között is megosztó, hogy mi is az elfogadható döntés egy maradandó egészségkárosodott állat esetében (11. ábra). Úgy tűnik, hogy a a kitöltők számára inkább a leggyakorlatiasabb megoldás volt a szimpatikus, és a problémát 100%-ban megoldó földkábelek szinte majdnem az utolsó helyen láthatóak az általuk sorberendezett listán (12. ábra). Ennek ellenére azt érdemes kiemelni, hogy a szigorúbb jogi szabályozás a második helyen látható.

IRODALOM

- Dudás M (1999) Távvezetékek és madárpusztulás. Élet és tudomány 23:720–721
- Demeter I, Bagyura J, Lovászi P, Nagy K, Kovács A & Horváth M (2004) Középfeszültségű szabadvezetékek és madárpusztulás Magyarországon – Tapasztalatok, természetvédelmi követelmények és javaslatok. Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület (MME), Budapest. pp 30
- Horváth M, Demeter I, Bagyura J, Kovács A, Lovászi P, Nagy K, Szügyi K és Tóth P (2010) Madarak és légvezetékek. Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Budapest. pp 44
- Ferrer M, Morandini V, Baumbusch R, Muriel R, De Lucas M, Calabuig C (2020) Efficacy of different types of “bird flight diverter” in reducing bird mortality due to collision with transmission power lines. Global Ecology and Conservation 23:e01130. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01130>
- Bagyura J, Fidlóczky J, Szitta T, Prommer M, Tihanyi G, Zalai T, Balázs I, Váczi M, Viszló L, Klébert A, Haraszthy L, Tóth I, Török H A, Demeter I, Serfőző J, Pigniczki Cs és Kazi R. (2010) Keresetszolgálat-védelmi Munkacsoport 2008-évi beszámolója. Heliaca 6:18–25
- Loss SR, Will T, Marra PP (2014) Refining estimates of bird collision and electrocution mortality at power lines in the United States. PLoS One 9:e01565. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101565>
- López-López P, Ferrer M, Madero A, Casado E, Mcgrady M (2011) Solving man-induced large-scale conservation problems: The Spanish Imperial Eagle and power lines. PLoS One 6:e17196 <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0017196>
- García-Alfonso M, van Overveld T, Gangoso L, Serrano D, Donázar JA (2021) Disentangling drivers of power line use by vultures: Potential to reduce electrocutions. Sci Total Environ 793:148534. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148534>
- Lehman RN, Kennedy PL, Savidge JA (2007) The state of the art in raptor electrocution research: A global review. Biol Conserv 136:159–174. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.09.015>
- Avian Powerline Interaction Committee (APLIC) (2006) Suggested Practices for Avian Protection on Power Lines – The State of the Art in 2006. Edison Electric Institute, APLIC, and the California Energy Commission. Washington, D.C. & Sacramento, CA.
- Kagan RA (2016) Electrocution of Raptors on Power Lines: A Review of Necropsy Methods and Findings. Vet Pathol 53:1030–1036. <https://doi.org/10.1177/0300985816646431>
- <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99600053.tv> Megtekintve: 2023.12.06
- <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0700086.tv> Megtekintve: 2023.12.06
- <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1200100.tv> Megtekintve: 2023.12.06
- <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99700033.kor> Megtekintve: 2023.12.06
- <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99800028.tv> Megtekintve: 2023.12.06

Közlésre érke.: 2024. febr. 9.

BRAVECTO[®]

injekció



EGY ÉVEN ÁT TARTÓ*

BOLHA ÉS KULLANCS ELLENI VÉDELEM

BEMUTATJUK AZ ELSŐ OLYAN, KIZÁRÓLAG ÁLLATORVOSI HASZNÁLATRA KIFEJLESZTETT, injekciós formában beadható készítményt mellyel egy éven át* megszakítás nélkül tartó bolha- és kullancs elleni védelem biztosítható kutyáknak.

Fedezd fel a **BRAVECTO[®]** injekció erejét úttörő formulánkkal.



Copyright © 2023 Merck & Co., Inc., Rahway, NJ, USA és leányvállalatai.
Minden jog fenntartva. HU-BRV-231100002



Vedd fel a kapcsolatot az MSD Animal Health területi képviselőddel.

* FONTOS BIZTONSÁGI INFORMÁCIÓK: A hirdetés és a termékleírás nem teljes körű. Kérjük, hogy alkalmazás előtt olvassa el a készítményhez mellékelt használati utasítást! Kizárólag állatgyógyászati alkalmazásra. Kizárólag állatorvosi vényre adható ki.

First detection of
polyomavirus from
samples of reintroduced
Eurasian beaver
(*Castor fiber*) in Hungary

A. Surján*
M. Z. Vidovszky

HUN-REN Állatorvostudományi
Kutatóintézet, Molekuláris
Virologia Témacsoport,
1143 Budapest, Hungária krt. 21.

*e-mail: surjan.andras@vmri.hun-ren.hu

Poliómavírus első kimutatása Magyarországra visszatelepített eurázsiai hód (*Castor fiber*) mintájából

Surján András*, Vidovszky Márton Z.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az eurázsiai hód (*Castor fiber*) az eurázsiai kontinens legnagyobb rágcsálója, Magyarországon őshonos faj, amely a túlvadászat miatt kihalt, majd később újra-telepítések révén ismét elterjedt hazánkban. Hódokban eddig senki nem vizsgálta poliómavírusok jelenlétét, így két, elpusztult hód vesemintájából kimutatott, a szerzők által *Castor fiber* polyomavirus 1-nek elnevezett, feltételezhetően új fajba sorolható poliómavírus a világon az első kimutatás. A filogenetikai elemzések azt mutatták, hogy a várttól eltérően ez a vírus nem más rágcsáló-poliómavírusokkal, hanem cickány-poliómavírusokkal mutat rokonságot. A közleményben leírt poliómavírust is beleértve, a hódok vírusainak további feltérképezése és azok evolúciós kapcsolatainak feltárása hozzájárulhat az állomány kórokozóinak szélesebb körű megismeréséhez.

SUMMARY

Background: The Eurasian beaver (*Castor fiber*), the largest rodent on the Eurasian continent, is considered a native species in Hungary. It faced extinction due to overhunting in 1865 but was successfully reintroduced in the subsequent years through migration and deliberate repopulation efforts. The population grew steadily, resulting in an estimated 8,500 individuals in 2019. Despite these developments, the viral presence in the growing beaver population has not been extensively studied.

Objectives: This study aimed to assess the presence of polyomaviruses (PyVs) in the native Hungarian beaver population, to identify and characterize novel PyVs that can be detected in these mammals.

Materials and Methods: Molecular analysis was applied to investigate the presence of PyVs in two Eurasian beavers that died in Hungary in 2019. From the specimens, liver, spleen and kidney tissues were sampled. A nested PCR was used to amplify a conserved region of the major capsid protein-encoding VP1 gene. Short DNA amplicons were sequenced using the Sanger method. Phylogenetic tree was calculated by Maximum Likelihood estimation, using PhyML software, based on VP1 amino acid sequences.

Results and Discussion: An unknown PyV was detected in both beaver samples tested, the first identification of PyV in beavers globally. The detected virus is recommended to be named as *Castor fiber* polyomavirus 1, and it is likely represents the first member of a new PyV species. Phylogenetic analysis revealed that this new PyV belongs to the genus *Alphapolyomavirus* and forms a distinct clade with PyVs from different shrew species. This clade is clearly separate from other rodent PyVs, indicating a unique evolutionary history. However, the exact relationship and potential impact of this PyV on beaver health remain uncertain. Given the potential of PyVs to act as facultative pathogens under specific conditions, further research is needed to determine the extent of their role in beaver viral diseases.

VIROLÓGIA

Az eurázsiai vagy közönséges hód (*Castor fiber*) az eurázsiai kontinensen előforduló legnagyobb élő rágcsáló, amely a teljes kontinensen elterjedt [1, 2]. Magyarországon őshonos faj, amely 1865-ben, túlvadászat miatt, kihalt az ország területén [3]. Csupán 120 évvel később, 1985–86-ban jelent meg újra a Szigetköz területén, a szomszédos Ausztriába újratelepített állomány egyes egyedeinek átvándorlásával [3, 4]. A Tisza-tavi állomány bővítésére a Hortobágyi Nemzeti Park további 7 egyedet telepített be 1991–94 között, amelyekről később kiderült, hogy az invazív kanadai hód (*Castor canadensis*) faj egyedei. A két hódfajt nagyon nehéz megkülönböztetni egymástól külső jegyek alapján. Minden kétséget kizáróan csak a viselkedésük, a koponya szerkezete, valamint genetikai vizsgálat alapján lehet elkülöníteni őket.

A közönséges hód az eurázsiai kontinensen előforduló legnagyobb élő rágcsáló

A túlvadászás miatt kihalt hód sikeres visszatelepítése nyomán jelenleg nagy számban megtalálható minden nagyobb folyónk területén

Az utolsó élő kanadai hódot 2002-ben fogták be Magyarországon. A második, nagy betelepítési program keretében 1996 és 2008 között összesen 234 eurázsiai hódot telepítettek be, elsősorban Bajorország területéről a Gemencbe és a Hanságba, valamint a Tisza és a Dráva folyók mentén. A betelepítések igen sikeresek voltak, 2011-ben a hazai hódállományt már 700 és 900 egyed közé becsülték [5]. Az állomány a visszatelepítés után stabilan növekedett tovább, amiben a szomszédos Ausztriában és Horvátországban élő állományokból származó egyedek átvándorlása is fontos szerepet játszott [2]. Ma már a közönséges hód az összes jelentősebb folyónk és vízfolyásunk területén jelen van. Az állományt 2019-ben már 8500 egyedre becsülték. Az igen nagy egyedszám és a környezetre gyakorolt hatásuk miatt 2022-ben újra engedélyezték a hódok vadászatát. A hazai visszatelepítési program nemzetközi szinten is sikeresnek mondható [5]. Az állomány monitorozása során rendszeres genetikai vizsgálatokat is végeznek, hogy kiszűrjék az esetleges invazív kanadai hódokat.

A poliómavírusok kis méretű, cirkuláris DNS-genommal rendelkező onkovírusok

A poliómavírusok (PyV-ok) a *Polyomaviridae* családba tartozó, kisméretű onkovírusok. Örökítőanyaguk cirkuláris, kettős szálú DNS, kapszidjuk burok nélküli, ikozaéderes, 40–50 nm átmérőjű [6]. Gazdaspektrumuk széles, gerincesek közül nagyszámban emlőssökből és madarakból, de egy-két esetben halakból is mutatnak már ki PyV-t [6, 7]. Gerinceseken kívül, ízeltlábú fajok mintáinak metagenomikai vizsgálata során is azonosítottak PyV genomot [8]. A PyV-ok általában apatogének, és az urogenitális szervrendszerben jelenlévő, teljes életen át tartó perzisztens fertőzést is okozhatnak [6]. A gazdaszervezet immunhiányos állapotában, a poliómavírusok különféle daganatos elváltozásokat is okozhatnak [9]. Nevük is innen ered: „poly” „oma”, azaz sokféle daganat. A PyV-ok főként a vesék, a légzőszervek és bizonyos esetekben, az agyvelő sejtjeiben képesek jelentős mértékben szaporodni [10]. Feco-oralis módon terjednek, de a vírus-hordozó gazda vizelete útján is megfertőzhetnek más egyedeket [6]. Állatorvosi szempontból a libák vérzéses vese- és bélgyulladását okozó poliómavírus az egyik legjelentősebb, amely egész állományok pusztulását okozhatja [11, 12]. Emlőssök esetében a bovin polyomavirus 1 magzati veseelváltozásokat és vetélést okozhat, valamint esetleges zoonotikus kórokozóként tartják számon. A bovin polyomavirus 2 pedig nem gennyes agyvelőgyulladást válthat ki az állatokban [13, 14]. Emlőállatoknál, Magyarországon korábban elsősorban denevérek poliómavírusait vizsgálták [15, 16]. Rágcsálók esetében az egér és a szíriai hörcsög 1-es típusú poliómavírusai tumorvizsgálati modellek [17]. Az európai vándorpatkány-állományok, eddigi ismeretek szerint, nagy arányban fertőzöttek a vándorpatkány poliómavírusával [18]. A vándorpatkány PyV-1-hez genetikailag nagyon hasonló PyV-t mutattak ki sárganyakú erdei egérből, amely felveti egy korábbi gazdaváltás lehetőségét [19]. Az Afrikában elterjedt *Mastomys* fajokból is írtak le addig ismeretlen PyV fajt, amelynek onkogenikus hatása egyelőre nem tisztázott [20]. További új PyV fajokat írtak le ibériai mezei nyúlból, keleti szürkemókusból, Prevost-mókusból, csinos tarkamókusból, ill. nagy peléből [21, 22, 23]. Hódból egyelőre még nem ismert PyV.

SAJÁT KUTATÁS

Az Állatorvostudományi Kutatóintézet Molekuláris Virologia Témacsoportja évek óta végzi sporadikusan, hazánkban élve befogott, ill. elhullott hódok genetikai vizsgálatát a tájidegen kanadai hód előfordulásának kiszűrésére. Az elmúlt közel 8 év során eddig szerencsére csupán az Eurázsiai hód előfordulását sikerült igazolni. Kutatásunk célja volt a hazai hódállomány szűrése PyV jelenlétére, nagy érzékenységgű diagnosztikai PCR-módszerrel, amely a poliómavírusok elsődleges szerkezeti fehérjét (major capsid protein) kódoló VP1 génjének egy megőrzött szakaszát erősíti fel.

ANYAG ÉS MÓDSZEREK

A szerzők két kilőtt hód máj-, lép- és vesemintáit vizsgálták

Magyarországon vadon élő, 2019-ben a Szigetközben túlszaporodás miatt természetvédelmi engedéllyel befogott és kilőtt, két eurázsiai hód (*Castor fiber*) máj-, lép- és vesemintáit vizsgáltuk poliómavírus jelenlétére. A szervmintákból történő DNS-kivonásra a BioTech Hungary Kft. által forgalmazott Macherey-Nagel (Düren, Németország) gyártó NucleoSpin® Tissue nevű termékét használtuk a gyártó által javasolt és biztosított protokoll szerint. A kivont DNS-mintákat -20 °C-on fagyasztva tároltuk.

A szűrővizsgálatot PCR-módszerrel végezték

A szűrővizsgálatot PCR- módszerrel végeztük kétkörös, úgynevezett „nested” eljárást alkalmazva. A reakció során degenerált primerek segítségével a VP1 gén, 210 bázispár (bp) hosszú, konzervatív szakaszát erősítettük fel, külső és belső primerek használatával [24]. A PCR-hez a Thermo Fisher Scientific™ (Waltham, MA, USA) gyártó DreamTaq™ Hot Start PCR Master Mix-et használtuk. A degenerált VP1 primereket 50 pmol/μl koncentrációban használtuk [24]. A reakciót 25 μl végtérfogatú reakcióelegyben végeztük.

A PCR-termékeket agaróz-gélelektroforézissel ellenőriztük. A pozitív minták tisztítását a Macherey-Nagel, NucleoSpin® Gel and PCR Clean-up nevű termékével végeztük a gyártó által javasolt és biztosított protokoll szerint. A tisztított PCR-termékeket -20°C-on tároltuk.

A felszorzott és kitisztított rövid DNS-amplikonokat BigDye™ Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit-tel (ThermoFisher Scientific™) szekvenáltuk. A szekvenálási reakciót 5 μl végtérfogatú reakcióelegyben végeztük. A szekvenálási reakció termékét kicsaptuk, majd a Szegedi Biológiai Kutatóközpont (SZBK), BayGen Intézet, Szekvenáló Platformjának küldtük, ahol ABI Prism® 3500 Genetic Analyzer automata szekvenáló készülékben végezték a termékek kapilláris elektroforézisét.

A kapott szekvenciaadatokat az NCBI GenBank BLAST homológia-kereső, blastx szolgáltatásával vizsgáltuk (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov>). A blastx a nukleotid-szekvenciákat (hat leolvasási keretben aminosavvá fordítva) az NCBI adatbázis aminosav (AS) szekvenciáihoz illeszti, így a csendes („szinonim”) nukleotidmutációk kisebb súllyal érvényesülnek a kimutatott homológiában, ami a nukleotidszinten variábilisabb vírus genomok vizsgálatakor igen fontos. A blastx eredményei alapján megállapíthatjuk, hogy a kapott szekvenciánk valóban poliómavírus VP1 génszekvencia-e, ill. amennyiben igen, hány %-os aminosavegyezést mutat a GenBank-ban megtalálható többi poliómavírus VP1 gén azonos szakaszaival.

A vírus további vizsgálatához a már ismert VP1 szekvenciaszakaszt használtuk specifikus primerek tervezéshez. A cirkuláris, ~5 kb méretű teljes-genom felerősítését inverz nested PCR-rel tervezzük. A primerek tervezéshez a Primer3web nevű, online elérhető, szoftvert használtuk. A hosszabb fragmentumok felerősítéshez használt PCR elegy és program részletei az **1. és a 2. táblázatban** szerepelnek. Az amplikon szekvenálását „primerséta” (primer walking) módszerrel végezzük. Bár a teljes genom-szekvencia egyelőre nem áll rendelkezésünkre, a teljes VP1 gén szekvenciája már ismert a megfelelő filogenetikai vizsgálatokhoz (génbanki azonosító: OR735477).

Meghatározták a vírustörzs VP1 génszekvenciáját

1. TÁBLÁZAT. A hód-polióma vírus hosszabb fragmentumainak felerősítéséhez használt PCR- reakcióelegy pontos összetétele

TABLE 1. Composition of the PCR mixture used to amplify longer fragments of the beaver polyomavirus

	1. és 2. kör
MQ víz	16 µl
PrimeSTAR® Max 2× premix	25 µl
primer („forward”)	2 µl
primer („reverz”)	2 µl
DNS	5 µl
összesen	50 µl

2. TÁBLÁZAT. A hód-polióma vírus hosszabb fragmentumainak felerősítéséhez használt PCR-program paraméterei

TABLE 2. The PCR program used to amplify longer fragments of the beaver polyomavirus

1. és 2. kör			
kezdeti denaturáció	95 °C	2 min	35 ciklus
denaturáció	98 °C	10 s	
primerkötődés	55 °C	15 s	
polimerizáció	72 °C	1,5 min	
végző polimerizáció	72 °C	5 min	

**A szekvenciaadatokkal
filogenetikai
elemzést végeztek**

A filogenetikai vizsgálat során különböző, az ICTV által hivatalosan elfogadott, GenBank-ban megtalálható, PyV-ok homológ VP1 génjeinek teljes aminosavszekvenciáit használtuk. A homológ szekvenciákat a MAFFT 7.49 program FFT-INS-i algoritmusával rendeztük össze [25, 26]. A szekvenciák illesztését a trimAl nevű programmal szerkesztettük/pontosítottuk [27]. Az így kapott, filogenetikai vizsgálatra megbízhatóan használható illesztett szekvenciákat modellszelekciónak vetettük alá a MEGA X szoftver segítségével. A BIC kritérium szerint kapott legmegfelelőbb aminosav szubsztitúciós modell az LG modell volt, 5 gamma-disztribúciós kategóriával, invariábilis aminosavhellyel (LG+G+I), a szekvenciákból becsült paraméterekkel [28]. A filogenetikai rekonstrukciót a PhyML 3.3.1 szoftverrel végeztük, LG+G+I modell használatával, a fa topológia kereséshez SPR (Subtree Pruning and Regraphing) módszert használtunk. A megbízhatóságot Shimodaira–Hasegawa aLRT módszerrel határoztuk meg [29].

EREDMÉNYEK

**A vizsgált
vesemintákból egy
eddig ismeretlen
poliómavírust
mutattak ki**

Két eurázsiai hód mintájából ugyanazt az eddig ismeretlen poliómavírust mutattuk ki molekuláris módszerekkel. A májból és a lépéből a vírus nem volt molekulárisan kimutatható, míg a veseszövetekben a PCR-vizsgálataink alapján nagy mennyiségű vírus-örökítőanyag volt jelen, mindkét példánynál. A kimutatott vírustípust: Castor fiber polyomavirus 1-nek neveztük el.

A hódok befogásukkor betegség tüneteit nem mutatták, a boncolás során veséjükben kóros elváltozás nem volt látható, sem más vizsgált belső szervükben nem volt nyoma elváltozásnak. A poliómavírus ezek alapján apatogén lehetett ezekben az egyedekben.

FILOGENETIKA

**A vírus az Alpha-
polyomavirus
nemzetség tagja és
három, különböző
cickányeredetű
poliómavírussal
került közös
filogenetikai ágra**

A filogenetikai számítások alapján az újonnan felfedezett hód PyV az *Alphapolyomavirus* nemzetség tagja és három, különböző cickányfajból kimutatott PyV-al került közös filogenetikai ágra, ahogy az az **Ábrán** látható. A csoport jól elhatárolódott más PyV-októl, önálló, tisztán elkülönülő kládot alkotott, más rágcsáló PyV nem esett a csoportba. A hód PyV tehát evolúciósan távol esik a más rágcsálók-ból kimutatott PyV-októl az *Alphapolyomavirus* nemzetségen belül. A törzsfán az *Alphapolyomavirus* nemzetség egyértelműen szétválik a többi nemzetségtől, míg a *Betapolyomavirus* nemzetség tagjai keverednek más nemzetségek tagjaival. Ennek az okát a szakirodalomban már tárgyalták korábban: A nemzetségek az *LTA*g gén filogenetikai relációi alapján válnak szét legmegfelelőbben, általánosan azt használják a nemzetségbe beosztáshoz, míg a *VP1* gén alapján az emlős PyV-ok több nagy, parafiletikus csoportra oszlanak, bár hasonló topológiát mutatnak, mint az *LTA*g alapján [21, 30, 31]. A jövőben tervezzük a hód PyV teljes genomjának szekvenálását és annotálását, így lehetőségünk lesz törzsfarekonstrukciót végezni az *LTA*g gén alapján is, ami pontosabb képet ad majd a vizsgált PyV filogenetikai helyzetéről.

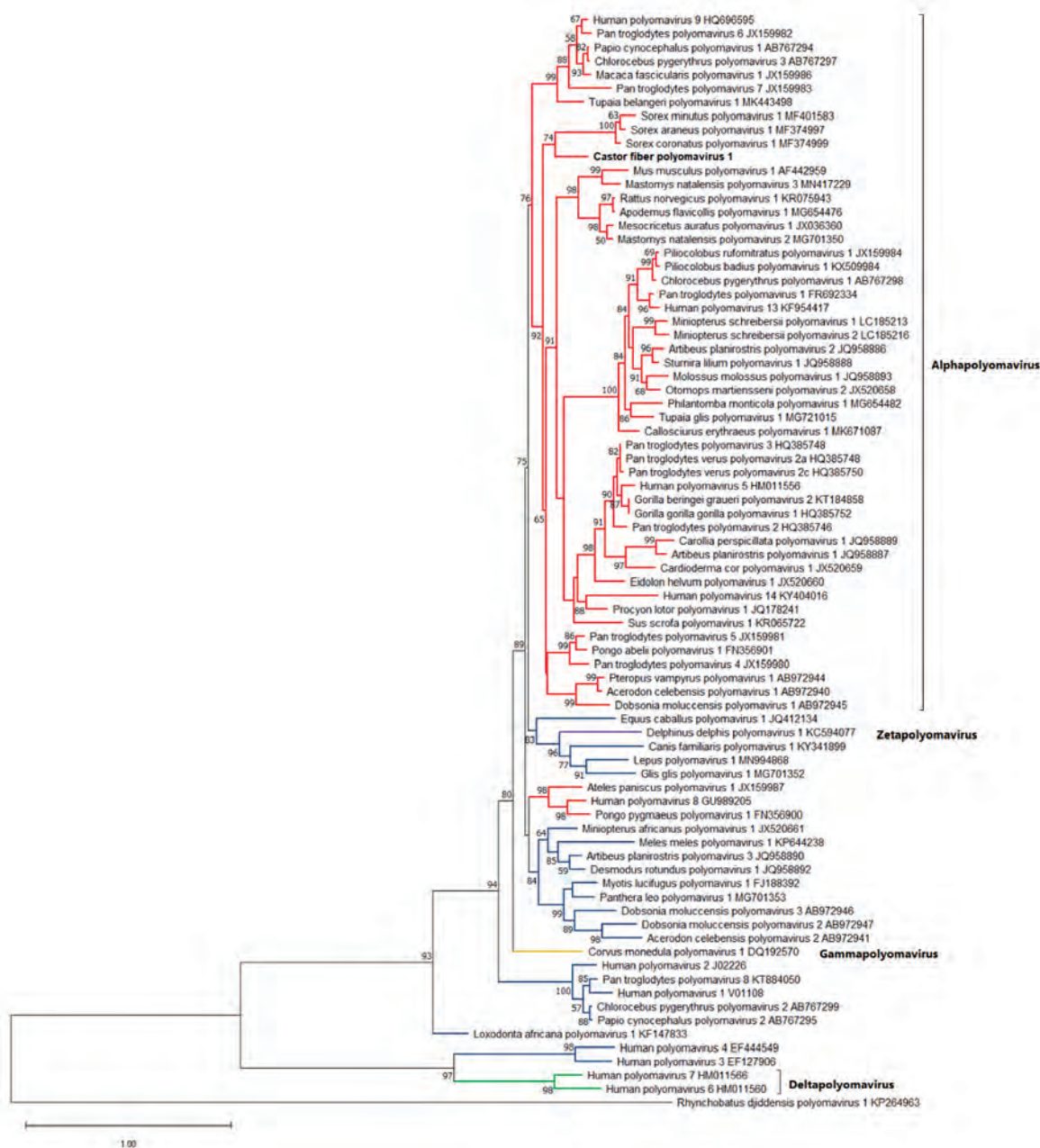
MEGVITATÁS

Hazánkban, az utóbbi években a jelentősen megnövekedett hódállományt fertőző vírusokról eddig viszonylag keveset tudunk. A visszatelepítések során alkalmazott szűrőprogramok ugyan vizsgálják zoonotikus vírusok jelenlétét (hepatitis E vírus, orthohantavírusok stb.) az állományban, de ezeken felül kevés adat áll rendelkezésre [32, 33]. Hódmintából elsőként mutattunk ki PyV-t a világon. Az újonnan kimutatott PyV nagy genetikai távolságot mutat az eddig már ismert PyV-októl. Az, hogy az eredményünk az első PyV kimutatás hódból, annak a jele is, hogy eddig kevésbé vizsgálták a hódokat a bennük megtalálható vírusok szempontjából, mint más rágcsáló fajokat.

A minták, amelyekből az új vírus kimutatható volt, egészséges, kilőtt állatokból származtak. A PyV-ok ritkán okoznak súlyos megbetegedést, általában tünetmentes perzisztens fertőzést okoznak. Fakultatív patogénként azonban más kórokozók jelenlétében, vagy immunhiányos állapot esetén számolni kell velük. A két kilőtt hód esetében a kimutatott PyV nagy mennyiségben volt jelen, de feltételezhetően apatogén volt.

A vírustaxonómiában jelenleg egy, a nomenklatúrára vonatkozó revízió zajlik, amely a vírusfajneveknél a zootaxonómiában használatos, binomiális nomenklatúrát követi. Az általunk adott vírushív azonban csupán a vírustípusra vonatkozik, ahol a nevezéktan nincs hivatalosan szabályozva, bár hagyományt követ. Ez, a *Polyomaviridae* családnál a hagyományos módszernek megfelelően az első azonosított gazdafaj alapján történt.

A hód PyV pontos filogenetikai besorolásához szükséges feltételezhetően számos közel-rokon PyV-okat egyelőre nem ismerjük. Más rágcsálófajok mintáinak



ÁBRA. Poliómavírusok filogenetikai fája a teljes VP1 gén alapján

Az Alpha-, Beta-, Gamma-, Delta- és Zetapolyomavirus nemzetségbe tartozó vírusokat piros, kék, sárga, zöld és lila ágszí-
nekkkel jelöltük. A számításokat Maximum Likelihood-módszerrel végeztük, az ágak valószínűségi értékét SH-like módszerrel
számítottuk. Külcsoporként egy porcos hal, a *Rhynchobatus djiddensis* poliómavírusát használtuk. A lépték adott amino-
savhelyenként 1 aminosav-szubsztitúciót jelent. Az újonnan felfedezett eurázsiai hód (*Castor fiber*) poliómavírusát, amely az
Alphapolyomavirus nemzetségbe tartozik, félkövér betűtípussal jelöltük

FIGURE. Phylogenetic tree of polyomaviruses based on the complete vp1 gene

Viruses belonging to the Alpha-, Beta-, Gamma-, Delta- and Zetapolyomavirus genera are indicated with red, blue, yellow, gre-
en, and purple branch colors, respectively. Phylogenetic tree reconstruction were performed using the maximum likelihood
method, branch support values were computed using SH-like method. *Rhynchobatus djiddensis* polyomavirus, a cartilagi-
nous fish polyomavirus was used as an outgroup. The scale represents one amino acid substitution per site. The newly dis-
covered eurasian beaver (*Castor fiber*) polyomavirus, which belongs to the Alphapolyomavirus genus, is marked with bold font

PyV szűrésével közelebb kerülhetnénk olyan PyV fajok felfedezéséhez, amelyek a jelenleg ismert PyV-oknál közelebbi rokonságban állnak az eurázsiai hód poliómavírusához. Ezen új vírusok megismerése segíthetne megérteni az evolúciós viszonyokat és az esetleges gazdaváltási folyamatokat, hasonlóan más emlős csoportokhoz (főemlősök – köztük az ember – és denevérek). Ezek tagjaiból már számos PyV-t ismerünk, így koevolúciójuk és az egyes vírusok leszármazási-viszonyai jobban feltártak. A rágcsálók közül ugyanis a taxonómiai csoport fajszerkezetéhez képest ($n > 2000$) aránylag kevés PyV-t ismerünk ($n = 34$), különösen az emberi PyV-okhoz hasonlítva ($n = 14$) [18]. A rágcsálók, a denevérekhez hasonlóan, jellegzetes rezervoárjai egyes víruscsaládok tagjainak, ami kifejezetten indokolja vizsgálatukat az általuk hordozott vírusok szempontjából.

A filogenetikai elemzések alapján, mivel a hód PyV a cickányfajokból származó PyV-okkal esik egy ágra, a rágcsálóminták mellett további cickányfajokat is érdemes lenne szűrni PyV jelenlétére, hiszen az ebből származó adatok is hozzájárulhatnak a hód poliómavírusának eredetmeghatározásához. A cickányfajok szintén ismert köztigazdái vagy rezervoárjai egyes vírusoknak, tehát hordoznak fajhatárt átlépő vírusokat is [34–36]. Mivel a hódból származó PyV-t tartalmazó, cickányeredetű PyV klád jól elkülönül más ágaktól, valamint más rágcsáló PyV-t nem tartalmaz, nem zárhatjuk ki, hogy az újonnan felfedezett hód PyV cickányeredetű. A nagy genetikai távolság azonban arra utal, hogy a feltételezett gazdaváltás evolúciós távlatban jelentősen korábban történhetett.

Az eurázsiai hódmintákból kimutatott PyV, a rendelkezésre álló szekvenciaadatok szerint egyértelműen új poliómavírus-fajba sorolható. Ennek a megállapítása azonban az ICTV vonatkozó szabályozása szerint csupán a teljes LTag gén és a teljes genomszekvencia ismerete alapján történhet meg, amelynek feltárása még folyamatban van.

A hódok vízi életmódja miatt az állományok bizonyos vírusokkal való fertőzöttsége nagyobb mértékű lehet, és nagy szerepet játszhatnak a vírus-terjesztésben, mint pl. a vízi-szárnasok esetében [37, 38]. Az eurázsiai hód vírusairól, különösen a magyar állományokat fertőző vírusokról, egyelőre igen kevés információ áll rendelkezésre, ezért a hazai hódok további víruscsaládok tagjaira történő szűrését fontos tudományos célnak tartjuk.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A mintákért köszönet DR. CZABÁN DÁVIDNAK, a Magyar Természettudományi Múzeum munkatársának és DR. EGYED LÁSZLÓNAK, munkatársunknak a HUN-REN Állatorvostudományi Kutatóintézetben.

IRODALOM

- Nolet BA, Rosell F (1998) Comeback of the beaver *Castor fiber*: an overview of old and new conservation problems. *Biol Conserv* 83:165–173. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(97\)00066-9](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(97)00066-9)
- Halley DJ, Saveljev AP, Rosell F (2021) Population and distribution of beavers *Castor fiber* and *Castor canadensis* in Eurasia. *Mamm Rev* 51:1–24. <https://doi.org/10.1111/mam.12216>
- Halley DJ, Rosell F (2002) The beaver's reconquest of Eurasia: status, population development and management of a conservation success. *Mamm Rev* 32:153–178. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2907.2002.00106.x>
- Schwab G, Lutschinger G, Czech A (2001) The return of the beaver (*Castor fiber*) to the Danube watershed. *The European Beaver in a New Millennium* 47–50
- Bajomi B (2011) Reintroduction of the Eurasian beaver (*Castor fiber*) in Hungary. *Danube Parks Network of Protected Areas, Directorate of Duna-Dráva National Park, Budapest, Hungary*
- Moens U, Calvignac-Spencer S, Lauber C, Ramqvist T, Feltkamp MCW, Daugherty MD, Verschoor EJ, Ehlers B (2017) ICTV Virus taxonomy profile: *Polyomaviridae*. *J Gen Virol* 98:1159–1160. <https://doi.org/10.1099/jgv.0.000839>
- Peretti A, FitzGerald PC, Bliskovsky V, Pastrana DV, Buck CB (2015) Genome sequence of a fish-associated polyomavirus, black sea bass (*Centropristis striata*) polyomavirus 1. *Genome Announc* 3:e01476–14. <https://doi.org/10.1128/genomeA.01476-14>
- Buck CB, Van Doorslaer K, Peretti A, Geoghegan EM, Tisza MJ, An P, Katz JP, Pipas JM, McBride AA, Camus AC, McDormett AJ, Dill AJ, Delwart E, Ng TFF, Farkas K, Austin C, Kraberger S, Davison W, Pastrana DV, Varsani A (2016) The ancient evolutionary history of polyomaviruses. *PLOS Pathog* 12:1–26. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1005574>

9. Krumbholz A, Bininda-Emonds OR, Wutzler P, Zell R (2009) Phylogenetics, evolution, and medical importance of polyomaviruses. *Infect Genet Evol* 5:784–799. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2009.04.008>
10. Cortese I, Reich DS, Nath A (2021) Progressive multifocal leukoencephalopathy and the spectrum of JC virus-related disease. *Nat Rev Neurol* 17:37–51. <https://doi.org/10.1038/s41582-020-00427-y>
11. Guerin JL, Gelfi J, Dubois L, Vuillaume A, Boucraut-Baralon C, Pingret JL (2000) A novel polyomavirus (goose hemorrhagic polyomavirus) is the agent of hemorrhagic nephritis enteritis of geese. *J Virol* 74:4523–4529. <https://doi.org/10.1128/jvi.74.10.4523-4529.2000>
12. Dobos-Kovács M, Horváth E, Farsang A, Nagy E, Kovács A, Szalai F, Bernáth S (2005) Haemorrhagic nephritis and enteritis of geese: pathomorphological investigations and proposed pathogenesis. *Acta Vet Hung* 53:213–223. <https://doi.org/10.1556/AVet.53.2005.2.6>
13. Hierweger MM, Koch MC, Seuberlich T (2020) Bovine polyomavirus 2 is a probable cause of non-suppurative encephalitis in cattle. *Pathogens* 9:620. <https://doi.org/10.3390/pathogens9080620>
14. Giannitti F, da Silva Silveira C, Bullock H, Berón M, Fernández-Ciganda S, Benítez-Galeano MJ, Rodríguez-Ororio N., Puentes R, Colina R, Ritter JM, Castells M (2022) Bovine polyomavirus-1 (*Epsilonpolyomavirus bovis*): an emerging fetal pathogen of cattle that causes renal lesions resembling polyomavirus-associated nephropathy of humans. *Viruses* 14:2042. <https://dx.doi.org/10.3390/v14092042>
15. Vidovszky MZ, Tan Z, Carr MJ, Boldogh S, Harrach B, Gonzalez G (2020) Bat-borne polyomaviruses in Europe reveal an evolutionary history of intrahost divergence with horseshoe bats distributed across the African and Eurasian continents. *J Gen Virol* 101:1119–1130. <https://doi.org/10.1099/jgv.0.001467>
16. Surján A, Gonzalez G, Gellért Á, Boldogh S, Carr MJ, Harrach B, Vidovszky MZ (2023) First detection and genome analysis of simple nosed bat polyomaviruses in Central Europe. *Infect Genet Evol* 112:105439. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2023.105439>
17. Jandrig B, Krause H, Zimmermann W, Vasiliunaite E, Gedvilaite A, Ulrich RG (2021) Hamster polyomavirus research: past, present, and future. *Viruses* 13:907. <https://doi.org/10.3390/v13050907>
18. Ehlers B, Richter D, Matuschka FR, Ulrich RG (2015) Genome sequences of a rat polyomavirus related to murine polyomavirus, *Rattus norvegicus* polyomavirus 1. *Genome Announc* 3:e00997. <https://doi.org/10.1128/genomea.00997-15>
19. Ochola GO, Li B, Obanda V, Ommeh S, Ochieng H, Yang XL, Onyuk SO, Shi ZL, Agwanda B, Hu B (2022) Discovery of novel DNA viruses in small mammals from Kenya. *Virol Sin* 37:491–502. <https://doi.org/10.1016/j.virs.2022.06.001>
20. Orba Y, Kobayashi S, Nakamura I, Ishii A, Hang'ombe BM, Mweene AS, Thomas Y, Kimura T, Sawa H (2011) Detection and characterization of a novel polyomavirus in wild rodents. *J Gen Virol* 92:789–795. <https://doi.org/10.1099/vir.0.027854-0>
21. Ehlers B, Anoh AE, Ben Salem N, Broll S, Couacy-Hymann E, Fischer D, Gedvilaite A, Ingenhütt N, Liebmann S, Martin M, Mossoun A, Mugisha L, Muyembe-Tamfum JJ, Pauly M, Pérez de Val B, Preugschas H, Richter D, Schubert G, Szentiks CA, Teichmann T, Walter C, Ulrich RG, Wiersma L, Leendertz FH, Calvignac-Spencer S (2019) Novel polyomaviruses in mammals from multiple orders and reassessment of polyomavirus evolution and taxonomy. *Viruses* 10:930. <https://doi.org/10.3390/v11100930>
22. Águeda-Pinto A, Kraberger S, Lund MC, Gortázar C, McFadden G, Varsani A, Esteves PJ (2020) Coinfections of novel polyomavirus, anelloviruses and a recombinant strain of myxoma virus-MYXV-Tol identified in Iberian Hares. *Viruses* 12:340. <https://doi.org/10.3390/v12030340>
23. Schulze V, Lurz PW, Ferrari N, Romeo C, Steele MA, Marino S, Mazamuto MV, Calvignac-Spencer S, Schlottau K, Beer M, Ulrich RG, Ehlers B (2020) Search for polyoma-, herpes-, and bornaviruses in squirrels of the family Sciuridae. *Virol J* 17:1–21. <https://doi.org/10.1186/s12985-020-01310-4>
24. Johne R, Enderlein D, Nieper H, Müller H (2005) Novel polyomavirus detected in the feces of a chimpanzee by nested broad-spectrum PCR. *J Virol* 79:3883–3887. <https://doi.org/10.1128/jvi.79.6.3883-3887.2005>
25. Katoh K, Standley DM (2013) MAFFT multiple sequence alignment software version 7: improvements in performance and usability. *Mol Biol Evol* 30:772–780. <https://doi.org/10.1093/molbev/mst010>
26. Katoh K, Rozewicki J, Yamada KD (2019) MAFFT online service: multiple sequence alignment, interactive sequence choice and visualization. *Brief Bioinform* 20:1160–1166. <https://doi.org/10.1093/bib/bbx108>
27. Capella-Gutiérrez S, Silla-Martínez JM, Gabaldón T (2009) trimAl: a tool for automated alignment trimming in large-scale phylogenetic analyses. *Bioinform* 25:1972–1973. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btp348>
28. Kumar S, Stecher G, Li M, Knyaz C, Tamura K (2018) MEGA X: Molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Mol Biol Evol* 35:1547–1549. <https://doi.org/10.1093/molbev/msy096>
29. Guindon S, Dufayard JF, Lefort V, Anisimova M, Hordijk W, Gascuel O (2010) New algorithms and methods to estimate maximum-likelihood phylogenies: assessing the performance of PhyML 3.0. *Syst Biol* 59:307–321. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syq010>
30. Polyomaviridae Study Group of the International Committee on Taxonomy of Viruses, Calvignac-Spencer S, Feltkamp MC, Daugherty MD, Moens U, Ramqvist T, Johne R, Ehlers B (2016) A taxonomy update for the family Polyomaviridae. *Arch Virol* 161:1739–1750. <https://doi.org/10.1007/s00705-016-2794-y>
31. Dunowska M, Perrott M, Biggs P (2022) Identification of a novel polyomavirus from a marsupial host. *Virus Evol* 8:veac096. <https://doi.org/10.1093/ve/veac096>
32. Goodman G, Girling S, Pizzi R, Meredith A, Rosell F, Campbell-Palmer R (2012) Establishment of a health surveillance program for reintroduction of the Eurasian beaver (*Castor fiber*) into Scotland. *J Wildl Dis* 48:971–978. <https://doi.org/10.7589/2011-06-153>
33. Maas M, Glorie J, Dam-Deisz C, de Vries A, Franssen FF, Jaarsma RI, Hengeveld PD, Dierix CM, van der Giessen JWB, Opsteegh M (2022) Zoonotic pathogens in Eurasian beavers (*Castor fiber*) in the Netherlands. *J Wildl Dis* 58:404–408. <https://doi.org/10.7589/JWD-D-21-00097>
34. Hilbe M, Herrsche R, Kolodziejek J, Nowotny N, Zlinszky K, Ehrensperger F (2006) Shrews as reservoir hosts of Borna disease virus. *Emerg Infect Dis* 12:675. <https://doi.org/10.3201/eid1204.051418>
35. Yanagihara R, Gu SH, Arai S, Kang HJ, Song JW (2014) Han-taviruses: rediscovery and new beginnings. *Virus Res* 187:6–14. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2013.12.038>
36. Wang W, Lin XD, Liao Y, Guan XQ, Guo WP, Xing JG, Holmes EC, Zhang YZ (2017) Discovery of a highly divergent coronavirus in the Asian house shrew from China illuminates the origin of the alphacoronaviruses. *J Virol* e00764-17. <https://doi.org/10.1128/jvi.00764-17>
37. Cramp S, Perrins CM (eds) (1988) *The Birds of the Western Palearctic*, vol. 5. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom
38. Sivay MV, Sayfutdinova SG, Sharshov KA, Alekseev AY, Yurlov AK, Runstadler J, Shestopalov AM (2012) Surveillance of influenza A virus in wild birds in the Asian portion of Russia in 2008. *Avian Dis* 56:456–463. <https://doi.org/10.1637/9868-080111-Reg.1>

Közlésre érke.: 2023. nov. 15.



GRASSLANDHU

ÉRTÉKES GYEPEINK A BIOLÓGIAI SOKFÉLELÉSÉG SZOLGÁLATÁBAN



A **LIFE IP GRASSLAND-HU**
(LIFE17 IPE/HU/000018) projekt
az Európai Unió LIFE programjának
támogatásával valósul meg.



- › VIDÉKFEJLESZTÉS
- › AGRÁRSZAKKÉPZÉS
- › TERMÉSZETMEGŐRZÉS
- › KÖRNYEZETVÉDELEM