

# MTA DOKTORI ÉRTEKEZÉS

**Az ellés körüli és a hőstresszidőszak viselkedési és élettani  
vonatkozásainak vizsgálata tejhasznú szarvasmarhákban**

**Dr. Kovács Levente**

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem  
Állattenyésztési Tudományok Intézet



Gödöllő, 2024

*Nagyapám, Vasváry Béla emlékére*

# TARTALOMJEGYZÉK

|                                                                                          |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tartalomjegyzék.....</b>                                                              | <b>3</b>  |
| <b>Rövidítések jegyzéke .....</b>                                                        | <b>5</b>  |
| <b>1. Bevezetés.....</b>                                                                 | <b>6</b>  |
| <b>2. Az ellés körüli időszak vizsgálatai.....</b>                                       | <b>7</b>  |
| <b>2.1. Irodalmi áttekintés .....</b>                                                    | <b>7</b>  |
| 2.1.1. Az ellés és a nehézellés előrejelzésének lehetőségei .....                        | 7         |
| 2.1.2. A szülészeti segélynyújtás és a nehézellés hatásai .....                          | 8         |
| 2.1.3. A sav-bázis egyensúly vizsgálata az életképesség becslésére .....                 | 8         |
| 2.1.4. A stressz vizsgálata és csökkentési lehetőségei újszülött borjakban .....         | 9         |
| <b>2.2. Kifejlett szarvasmarhák vizsgálatai .....</b>                                    | <b>10</b> |
| 2.2.1. A szimpatheo-vagális egyensúly változásai spontán ellésű tehenekben .....         | 10        |
| 2.2.1.1. Céltűzések.....                                                                 | 10        |
| 2.2.1.2. Anyag és módszer .....                                                          | 10        |
| 2.2.1.3. Eredmények .....                                                                | 15        |
| 2.2.1.4. Megbeszélés.....                                                                | 20        |
| 2.2.2. A szülészeti segélynyújtás viselkedési és élettani hatásainak vizsgálata .....    | 21        |
| 2.2.2.1. Céltűzések.....                                                                 | 21        |
| 2.2.2.2. Anyag és módszer .....                                                          | 21        |
| 2.2.2.3. Eredmények .....                                                                | 24        |
| 2.2.2.4. Megbeszélés.....                                                                | 33        |
| 2.2.3. A nehézellés hatása a kérődzési időre, a recés-bendő pH-ra és hőmérsékletre ..... | 36        |
| 2.2.3.1. Céltűzések.....                                                                 | 36        |
| 2.2.3.2. Anyag és módszer .....                                                          | 36        |
| 2.2.3.3. Eredmények .....                                                                | 38        |
| 2.2.3.4. Megbeszélés.....                                                                | 42        |
| <b>2.3. Újszülött borjak vizsgálata .....</b>                                            | <b>44</b> |
| 2.3.1. A sav-bázis-egyensúly vizsgálata segélynyújtás nélkül született borjakon.....     | 44        |
| 2.3.1.1. Céltűzések.....                                                                 | 44        |
| 2.3.1.2. Anyag és módszer .....                                                          | 44        |
| 2.3.1.3. Eredmények és megbeszélés.....                                                  | 45        |
| 2.3.2. Nehézellésből született borjak nyálkörtizol koncentrációja .....                  | 52        |
| 2.3.2.1. Céltűzések.....                                                                 | 52        |
| 2.3.2.2. Anyag és módszer .....                                                          | 52        |
| 2.3.2.3. Eredmények .....                                                                | 53        |
| 2.3.2.4. Megbeszélés.....                                                                | 54        |

|                                                                                 |            |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.3.3. Egyszeri NSAID-kezelés hatása újszülött borjak fekvési viselkedésre..... | 55         |
| 2.3.3.1. Célkitűzések.....                                                      | 55         |
| 2.3.3.2. Anyag és módszer.....                                                  | 55         |
| 2.3.3.3. Eredmények és megbeszélés.....                                         | 56         |
| <b>3. Vizsgálatok hőstressz-időszakban.....</b>                                 | <b>59</b>  |
| 3.1. Irodalmi áttekintés .....                                                  | 59         |
| 3.2. Tejelő tehenek vizsgálata .....                                            | 60         |
| 3.2.1. Bevezetés és célkitűzések .....                                          | 60         |
| 3.2.2. Anyag és módszer.....                                                    | 60         |
| 3.2.2.1. Állatok és kísérleti elrendezés .....                                  | 60         |
| 3.2.2.2. Meteorológiai változók .....                                           | 60         |
| 3.2.2.3. A fekvéssel és állással töltött idő .....                              | 61         |
| 3.2.2.4. Élettani mutatók.....                                                  | 61         |
| 3.2.2.5. Statisztikai elemzés.....                                              | 62         |
| 3.2.3. Eredmények és megbeszélés .....                                          | 62         |
| 3.2.3.1. Fekvési viselkedés .....                                               | 62         |
| 3.2.3.2. Szívritmus-változékonyság.....                                         | 63         |
| 3.2.3.3. Nyálkortizol-koncentrációk .....                                       | 65         |
| 3.3. Itatásos borjak vizsgálata .....                                           | 66         |
| 3.3.1. Bevezetés és célkitűzések.....                                           | 66         |
| 3.3.2. Anyag és módszer.....                                                    | 66         |
| 3.3.2.1. Állatok és kísérleti elrendezés .....                                  | 66         |
| 3.3.2.2. Meteorológiai változók .....                                           | 67         |
| 3.3.2.3. Fekvéssel és állással töltött idő.....                                 | 68         |
| 3.3.2.4. Élettani mutatók.....                                                  | 68         |
| 3.3.2.5. Statisztikai elemzések .....                                           | 69         |
| 3.3.3. Eredmények és megbeszélés .....                                          | 70         |
| 3.3.3.1. Hőmérséklet és HPI .....                                               | 70         |
| 3.3.3.2. Felső kritikus HPI-érték.....                                          | 72         |
| 3.3.3.3. Fekvési viselkedés .....                                               | 75         |
| 3.3.3.4. Élettani változók .....                                                | 77         |
| 3.3.3.5. A meteorológiai és élettani változók közötti összefüggések .....       | 82         |
| <b>4. Új tudományos eredmények.....</b>                                         | <b>85</b>  |
| <b>Köszönetnyilvánítás .....</b>                                                | <b>87</b>  |
| <b>Felhasznált irodalom .....</b>                                               | <b>88</b>  |
| <b>Mellékletek .....</b>                                                        | <b>104</b> |

## RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

|                     |                                                                                                                                       |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>R–R-távolság</b> | az EKG két szomszédos R-hulláma közötti távolság                                                                                      |
| <b>HRV</b>          | szívritmus-változékonyság (heart rate variability)                                                                                    |
| <b>LF</b>           | a HRV kisfrekvenciás (low frequency) komponense                                                                                       |
| <b>HF</b>           | a HRV nagyfrekvenciás (high frequency) komponense                                                                                     |
| <b>LF/HF</b>        | a kis- és nagyfrekvenciás komponensek hányadosa                                                                                       |
| <b>RMSSD</b>        | a szomszédos R–R-távolságok különbségeinek négyzetgyöke (root mean square of successive differences in the consecutive R–R intervals) |
| <b>HHM-tengely</b>  | hipothalamusz–hipofízis–mellékvesekéreg-tengely                                                                                       |
| <b>ANOVA</b>        | varianciaanalízis (analysis of variance)                                                                                              |
| <b>GAT</b>          | görbe alatti terület                                                                                                                  |
| <b>NSAID</b>        | nemszteroid gyulladáscsökkentő (nonsteroidal antiinflammatory drug)                                                                   |
| <b>SARA</b>         | félheveny bendőacidózis (sub-acute ruminal acidosis)                                                                                  |
| <b>EUT</b>          | nem nehéz ellés (eutocia)                                                                                                             |
| <b>DYS</b>          | nehézellés (dystocia)                                                                                                                 |
| <b>HPI</b>          | hőmérséklet-páratartalom index                                                                                                        |

# 1. BEVEZETÉS

Jóllehet a haszonállatokban végzett nem invazív mintavételi eljárásokon alapuló stresszvizsgálati módszerek az ezredfordulót követően egyre népszerűbbé váltak, az egymást követő szívverések közötti távolságok (R–R-távolságok) mérésén alapuló szívritmus-változékonyság (heart rate variability, HRV) elemzése és a kortizol, mint stresszhormon vér- és nyálmintavételen alapuló laboratóriumi meghatározása szarvasmarhákban máig nem számít elterjedt kutatási módszernek az elléssel és a hőstresszel kapcsolatos stressz vizsgálatában.

Mivel a stresszre adott reakció a vegetatív idegrendszer szimpatikus és paraszimpatikus tónusának egyensúlyától is nagyban függ (Task Force, 1996; Porges, 2003), a HRV vizsgálatával lehetséges a stressz kimutatása haszonállatokban (von Borell et al., 2007). Ennek alapja, hogy az alarm szakaszára jellemző növekvő szimpatikotónussal párhuzamosan a vágusz tónus csökken (Hess, 1947; Porges, 1995), amelyet tejlő szarvasmarhákban a HRV jelzőszámainak jellegzetes változása kísér (Kovács et al., 2014a). A PhD fokozat megszerzésére készülve Magyarországon először kutattam a HRV változásait tejlő tehenekben különböző akut (pl. fejőtermi vagy robotfejés, rektális vizsgálat) és krónikus (sántaság) stresszorok jelentkezésekor (Kovács 2014b). Kutatásaim során viselkedési és hormonális reakciókat is vizsgáltam, többek között a nyugtalanságra utaló viselkedést, illetve a nyál, a vér és a bélsár kortizol-koncentrációinak változásait.

Doktori tanulmányaimat követően az MTA–SZIE Nagyállatklinikai Kutatócsoportban az ellés körüli időszak viselkedés-élettani hatásait kezdtem kutatni tejlő tehenekben és tejhasznú borjakban. Újszülött borjaknál a méhen kívüli élethez való élettani alkalmazkodás nagyban befolyásolja az életképességet. Nagylétszámú állományokban azonban nem feltétlenül veszik észre, ha az újszülött borjú gyenge életképességű. Az újszülöttkori elhullások nagyjából fele az élet első két napjában következik be (Vermorel et al., 1983; Schuijt, 1990), ezért kutatásaim során ebben az időszakban vizsgáltam az újszülött borjak életképességét, viselkedési és élettani paramétereit és ezek különböző ellési körülményekkel való kapcsolatát. A nehézellésekből gyakran születnek gyenge életképességű borjak (Lombard et al., 2007) és az ún. „gyenge borjú szindróma” esetén az újszülött borjú nem képes, vagy csak lassan tud felállni, állva maradni és táplálkozni (Ward, 1973; Mee, 2013). A csökkent életképesség hátterében állhat sérülés, gyulladás, a homeosztázis fenntartására való képtelenség, hypoxia, acidózis (Breazile et al., 1988; Besser et al., 1990; Szenci, 2003) vagy fájdalom (Kunz et al., 2022). Ezek az élettani jelenségek tükröződhetnek a viselkedésben is, ezért több vizsgálatban igyekeztem meghatározni a nehézellés, valamint az életképesség növelésére irányuló meloxikám-kezelés állással töltött időre, és a testhelyzetváltoztatások gyakoriságára kifejtett hatását.

Kutatócsoporti munkámat követően, a NAIK ÁHK, majd a MATE Állattenyésztési Tudományok Intézete adott kutatóhelyet számomra, ahol az ellés körüli időszak mellett a nyári hőstresszes epizódok okozta stressz állatjóléti hatásait vizsgáltam. Ez egyre hangsúlyosabb téma, hiszen a világ szarvasmarha-populációjának legnagyobb része olyan régiókban él, ahol a szélsőséges időjárási események növekvő gyakorisága és súlyossága rontja a szarvasmarhák közérzetét (Cox et al., 2016; Thornton et al., 2022), sőt, számos tanulmány igazolta, hogy a melegebb hónapokban kialakuló hőség kockázati tényezőt jelent az elhullás tekintetében (Dechow és Goodling, 2008; Vitali et al., 2009). Azt is kimutatták, hogy a hőmérséklettel összefüggő mortalitás növekedése jelentős gazdasági károkat okoz a tejlő ágazatban (Martin et al., 1975; St-Pierre et al., 2003).

MTA doktori értekezésem első felében az ellés körüli időszak viselkedési és élettani változásait mutatom be, különös figyelmet szentelve az ellés előrejelzésével és az újszülött borjú életképességének javításával, valamint a nehézelléssel kapcsolatos eredményeknek. Az értekezés második felében a kifejlett szarvasmarhákban és borjakban hőstressz időszakokban végzett vizsgálataim eredményeit ismertetem. Eddig még nem végeztek olyan vizsgálatokat, amely a szívritmust és a HRV mutatóit vizsgálta volna hőstressznek kitett borjakban és tehenekben.

## 2. AZ ELLÉS KÖRÜLI IDŐSZAK VIZSGÁLATAI

### 2.1. Irodalmi áttekintés

#### 2.1.1. Az ellés és a nehézellés előrejelzésének lehetőségei

Az ellés egy összetett folyamat, amelyet a magzat vált ki, és többek között vegetatív idegrendszeri változásokkal is jár (Nagel et al., 2019). Fizikailag megterhelő és legtöbbször jelentős szenvedést okoz a teheneknek (Laven et al., 2009; Miedema et al., 2011a; Mainau et al., 2022), ezért a szarvasmarhát érő legfájdalmasabb állapotok közé sorolják (Huxley és Whay, 2006). Ennek következtében az ellés körüli időszak menedzsmentje állatjólléti és termelési szempontból is kritikus (Proudford et al., 2013; Lucy, 2019). Az ellés megindulásának előrejelzése nagy jelentőséggel bír az újszülöttkori veszteségek és az ellés utáni korai időszak egészségügyi problémáinak csökkentése szempontjából (Fadul et al., 2017). Ugyanakkor a termelési rendszerek intenzifikálódása és az egyre nagyobb állománylétszámok mellett egyre kevesebb idő van az egyedi figyelemre a nagyüzemi telepeken (Raussi, 2003; Theurer et al., 2013; Merenda et al., 2020), ami az „elveszített tehén” szindrómában nyilvánul meg (Thomsen, 2005; Jørgensen et al., 2010; Pedersen et al., 2012).

A holstein-fríz üszők perinatális mortalitási aránya 11–13,2% között változott az elmúlt évtizedekben (Steinbock, 2003; Gustafsson, 2007), és napjainkban statikus vagy csökkenő tendenciát mutat (Mee, 2021). Tejelő állományokban a halvaszületések és az újszülöttkori elhullások hátterében legtöbbször a nehézellés áll (Bicalho et al., 2007; Misaka et al., 2022). Mivel tejhasznú teheneknél nem szigorú a könnyű ellésre való szelekció, a nehézellések aránya világszerte emelkedik (Mee, 2008; Stefani et al., 2021). Ebben számos menedzsmenttényező mellett az ellési segélynyújtásnak is nagy szerepe van. Korai beavatkozással potenciálisan megelőzhető a halvaszületés (Schuenemann et al., 2011), ám a szükségtelen vagy túl korai beavatkozás sérüléseket okozhat a még nem kellően feltágult lágy szülőútban (Mee, 2004). Más szerzők szerint az ellési segélynyújtás bármely formája növeli a halvaszületések kockázatát (Bicalho et al., 2007). Bár a nehézellések előfordulási aránya alacsonynak tűnhet (4,1–13,7% között), az ellési segélynyújtások aránya magas, 10% és >50% között mozog (Mee, 2008; Stefani et al., 2021).

A tehenek ellés előtti megfigyelése lehetővé teszi az ellési segélynyújtás helyes időzítését, ezáltal csökkenteni lehet a nehézellés okozta veszteségeket. Ennek érdekében az ellést előrejelző élet-tani és viselkedésszerű jellemzőket több kutatócsoport is vizsgálta az ezredfordulót követően tejelő tehenekben (von Keyserlingk és Weary, 2007; Jensen, 2012; Arfuso et al., 2023). Az ellést megelőző viselkedés megfigyelése automatizálható, elsősorban a kérődzésszám (Schirmann et al., 2013; Antanaitis et al., 2023) és a fekvés megfigyelésére alkalmas szenzorok használatával (Ledgerwood et al., 2010; Ouellet et al., 2016; Edwards et al., 2020).

Többen megállapították, hogy a napi kérődzéssel töltött idő csökken az ellés előtti héten (Sorriani et al., 2012; Büchel és Sundrum, 2014). Azt is tudjuk, hogy az ellés előtti 24 órában gyakoribb a lefekvés, többet járkálnak az állatok és emelgetik a farkukat (Miedema et al., 2011a). Az egyedek közötti nagy variabilitás miatt azonban e viselkedési jellemzők alapján nehéz pontosan meghatározni a közelgő ellés időpontját. A külsőleg megfigyelhető klinikai jelek, például a széles medenceszalagok ellazulása (Birgel et al., 1994; Shah et al., 2006), vagy a kitőgyelés (Berglund et al., 1987) szintén olyan nagyfokú változatosságot mutat, hogy érdemben ezeket sem lehet használni az ellés előrejelzésére (Rexha és Grunert, 1993; Hofmann et al., 2006). Miedema és munkatársai (2011b) azt is kimutatták, hogy a szülészeti segélynyújtással ellett teheneknél korábban jelentkezték a hasi összehúzódások, mint spontán ellett társaiknál, míg mások szerint a nehézelléssel ellett teheneknél korábban jelentkezett az ellés előtti nyugtalanság (Barrier et al., 2012).

A klinikai tünetek mellett számos élettani mutatót is próbáltak használni az ellés előrejelzésére, változó sikerrel. A P4-koncentráció csökkenését már az ezredfordulót megelőzően kimutatták telepi tesztekkel (Rexha és Grunert, 1993; Hansen és von Borell, 1998). Bár tudjuk, hogy tejhasznú teheneknél egyértelműen csökken a hüvelyben és végbélben mért hőmérséklet az ellés kezdete előtti kb. 48. órától (Dufty, 1971; Birgel et al., 1994; Aoki et al., 2005), ez a csökkenés szintén nem jelzi előre elég pontosan az ellés kezdetét (Burfeind et al., 2011). Több szerző használt intravaginális hőmérőket (pl. Palombi et al., 2013; Choukeir et al., 2020), azonban saját tapasztalataink alapján ezek az eszközök a kilökődést követően gyakran elvesznek az alomban és a kilökődést megelőzően kellemetlenséget is okozhatnak az állatoknak, főleg az első ellésük előtt álló üszőknek. Használatuk így folyamatos ellenőrzést igényel és nagyobb kockázatot jelent a szülőútban történő elváltozások kialakulása szempontjából is. A recés-bendő hőmérsékletének automatikus rögzítésének nincsenek ilyen korlátai (Sievers et al., 2004), ráadásul Costa és munkatársai (2016) szerint a recés-bendő hőmérséklet jó előrejelzője a közeledő ellésnek. Ismereteink szerint eddig még nem tanulmányozták a nehézellés hatását a recés-bendő hőmérsékletére az ellés körüli időszakban.

### **2.1.2. A szülészeti segélynyújtás és a nehézellés hatásai**

Jóllehet, körültekintő segélynyújtással minimalizálható a szükségtelen fájdalom az ellés alatt, gondosan mérlegelni kell a szülészeti beavatkozás szükségességét és időpontját, mivel a szükségtelen, vagy a túl korai beavatkozás sérüléseket okozhat a lágy szülőútban (Huzzey et al., 2005). Saját tapasztalataink szerint Magyarországon a nagyüzemi szarvasmarhatelepeken, holstein-fríz állományokban az ellések kb. felénél alkalmaznak valamilyen mértékű szülészeti segélynyújtást. Felmerül a kérdés, hogy a szükségtelen beavatkozás milyen hatással van az állat stressz szintjére és viselkedésére, illetve vannak-e egészségügyi következményei.

Úgy tűnik, hogy az állatok elletőboksza való behajtásának időpontja befolyásolja az ellés hosszát (Proudfoot et al., 2013), és a segélynyújtással ellett teheneknél több idő telik el az amnionhólyag vagy a lábvégek pérarásban való megjelenése és a megszületés között, mint a normál lefolyású elléseknél (Schuenemann et al., 2011). Bár tudjuk, hogy a nehézellés okozta fájdalom és sérülések kevesebb figyelmet kapnak a nagylétszámú állományokban (Rexha és Grunert, 1993; Huxley és Whay, 2006), kevés tanulmány foglalkozik azzal, hogy az ellési segélynyújtás és annak időzítése milyen hatással van az ellés során fellépő stressz-szintre és az anyaállat ellés utáni viselkedésére. Jóllehet, Calamari és munkatársai (2014) igazolták, hogy a laktáció első 10 napja alatt a kérődzés alapján fel lehet ismerni azokat a teheneket, amelyeknél nagyobb valószínűséggel alakulnak ki egészségügyi problémák a laktáció első hónapja alatt, eddig nem vizsgálták a nehézellés és az ellés körüli időszakban kérődzéssel töltött idő közötti kapcsolatát. Nem vizsgáltak az ellés körüli időszakban a vegetatív idegrendszeri egyensúly és ezáltal a stressz-szint becslésére alkalmas HRV mutatókat sem, feltehetően, a vizsgálatok terepi kivitelezhetőségének technikai korlátai miatt.

### **2.1.3. A sav-bázis egyensúly vizsgálata az életképesség becslésére**

Az asphyxia kritikus szerepet játszik az ellés körüli időszakban bekövetkező borjúelhullásban (Mock, 2020). Az újszülött borjak sav-bázis háztartásának megismerését célzó kutatások kimutatták, hogy a nehézellés (Szenci et al., 1988; Lombard et al., 2007) és az elhúzódó nem asszisztált ellés (Herfen és Bostedt, 1999) hasonló változásokat okoz az újszülött borjú sav-bázis paramétereiben. Azt is megállapították, hogy a szülészeti segélynyújtás, a magzat húzatása révén kihat az újszülött borjú sav-bázis egyensúlyára (Szenci, 1983) és az elektrolit homeosztázisára is (Bleul és Götz, 2013; Vannucchi et al., 2015a).

Az életképesség becslésére a laboratóriumban végezhető vérvizsgálatok alternatívájaként kifejlesztettek klinikai megfigyeléseken alapuló módszereket is. Ezek általában a humán Apgar-skálán alapulnak (pl. Mülling, 1977), azonban még mindig vitatott, hogy ezek a vitalitás-pontszámok elég pontosan tükrözik-e az újszülött borjak tényleges életképességét (Murray és Leslie, 2013). Homerosky és munkatársai (2017) kimutatták, hogy a hagyományos Apgar-paraméterek, azaz a pulzus-szám, a légzésszám és a nyálkahártya színe nem alkalmasak acidaemiás borjak felismerésére. Egy másik probléma a segélynyújtással összefüggő klinikai paraméterek értékelésénél, hogy az újszülöttkori életképességre vonatkozó vizsgálatok többsége a nehézzellésekkel kapcsolatos élettani következményekre koncentrált, jóllehet, életet veszélyeztető acidózis (Bleul et al., 2008) vagy hypoxia (Bleul, 2009) spontán, normál elléseket követően is előfordulhat. Ennek következtében szükséges lehet olyan vizsgálatokat végezni, amelyek a spontán ellésekből született borjak sav-bázis egyensúlyát vizsgálják mélyrehatóbban.

#### **2.1.4. A stressz vizsgálata és csökkentési lehetőségei újszülött borjakban**

Szarvasmarhában az ellést a magzat növekvő kortizolszintje indítja meg (Hunter et al., 1977). A magzati kortizolszint emelkedését az érettebbé váló magzati hipofízis megnövekedett adrenokortikotrop hormon termelése okozza, amelyet a magzatot érő stresszorok, például a hypoxia és a hypercapnia váltanak ki. Ugyanakkor maga a megszületés is stresszes esemény lehet a magzat számára, elsősorban a kitolási szakaszban jelentkező problémák miatt.

A stresszt jelentő ingerekre adott akut válaszok közé tartozik a hipothalamusz–hipofízis–mellékvesekéreg-tengely (HHM-tengely) és a vegetatív idegrendszer aktiválódása. A vérplazma kortizolszintjét széles körben használták a HHM-tengely aktivitásának értékelésére fájdalmas beavatkozások során borjakban (Stafford és Mellor, 2011) és kifejlett szarvasmarhában (Lay et al., 1992; Fidan et al., 2010; Kovács et al., 2016). Azonban maga a vérvétel is plusz stresszt jelent, ami befolyásolhatja a vizsgálat eredményét (Cook, 2012). A nyál kortizolkoncentrációjának vizsgálata nem invazív alternatívát jelent, ugyanis a nyálmintákat egyszerűen le lehet venni az adott stresszesnek feltételezett epizódot követően (Mormède et al., 2007), ráadásul a nyál kortizoltartalma jól korrelál a plazma kortizolszintjével (Negrao et al., 2004; Hernandez et al., 2014).

Keveset tudunk arról, hogy az újszülött borjak mennyire éreznek fájdalmat a megszületés után, így kevés figyelmet fordítottunk annak enyhítésére. Ellátásuk azonban fontos, főként az alacsony életképességű, állni nem képes borjaké. Ígéretes lehet az újszülött borjak életképességének javítására és stresszállapotának csökkentésére a nem-szteroid gyulladáscsökkentő készítmények (nonsteroidal inflammatory drug, NSAID) alkalmazása (Murray és Leslie, 2013). Annak ellenére, hogy tejhasznú állományokban a termelők 28–39%-a (Huxley és Whay, 2006; Moggy et al., 2017) használ legalább alkalmanként NSAID-okat nehézzelléseket követően az anyaállatoknál, kevés vizsgálat foglalkozott a NSAID-kezelés hatásaival nehézzellésből született tejhasznú borjakban (Murray et al., 2016; Gladden et al., 2019). A NSAID-ok csoportjába tartozó készítmények a ciklooxygenáz izoenzim (COX-1 és COX-2) gátlásán keresztül fejtik ki a hatásukat, gátolják a gyulladáscsökkentő és csökkentik a prosztaglandinszintézist (Anderson és Muir 2005). A meloxicám egy szelektív COX-2 gátló NSAID (Beretta et al., 2005), felezési ideje a plazmában szarvasmarhánál 26 óra (European Agency for the Evaluation of Medicinal Products, 2007), és az egyik leggyakrabban alkalmazott NSAID a fájdalom csökkentésére. Más NSAID-okhoz képest (pl. carprofen, flunixin) kevesebb mellékhatása van és hosszabb a felezési ideje (Coetzee, 2013). A meloxicám-kezelés előnyösnek bizonyult borjak hasmenése (Todd et al., 2010), szarvtalanítása (Heinrich et al., 2009, 2010; Prior et al., 2023), ivartalanítása és egyes légzőszervi megbetegedéseinek kezelése esetén (Coetzee et al., 2009), illetve javította az indítótáp felvételét elválasztás előtt tejhasznú borjaknál (Clark et al., 2020).

## 2.2. Kifejlett szarvasmarhák vizsgálatai

### 2.2.1. A szimpató-vagális egyensúly változásai spontán ellésű tehenekben

#### 2.2.1.1. Célkitűzések

Jelen vizsgálatunknak kettős célja volt. Először megvizsgáltuk, hogy a vegetatív idegrendszeri változásokat tükröző szívritmus és a HRV-paraméterek mennyire hasznosak az ellés előrejelzésére. Második célként azt tűztük ki, hogy leírjuk az ellés egyes körülményeinek (napszak a borjú megszületésekor, az anyatehén kondíciópontszáma, a borjú testtömege, az ellés hossza) hatásait az anyaállat szív működésére a végtagok megjelenésétől a megszületésig és az ellést követő 12–24 óra között.

#### 2.2.1.2. Anyag és módszer

##### *A vizsgálat helyszíne és az állatok kiválasztása*

A vizsgálatot a Protrag Agrárcentrum Kft. telepén (Ráckeresztúr, Szentlászlópuszta), egy 900 fejt tehénlétszámmal rendelkező holstein-fríz állományban végeztük (N47°18'191" E18°48'336").

Az ellés előtt kb. négy héttel az állatokat 60–70 egyedű számláló csoportokban helyezték el, 40 m × 8 m méretű, mélyalmos karámokban. Kétszeri takarmánykiosztás mellett (5:00-kor és 16:00-kor), ivóvízhez korlátlan hozzáférésük volt. Az állatokat naponta kétszer ellenőriztük (7:00 és 18:00 órakor). Először messziről figyeltük meg azokat, majd a karámba lépve minden állatot megvizsgáltunk. Az állatok kiválasztásánál a következő kritériumokat vettük figyelembe: 1) péra duzzanata, 2) feszes, telt tőgy, 3) a hüvelyváladék mennyisége és viszkozitása és 4) a medenceszalagok ellazulása. Ha egynél több klinikai tünetet észleltünk a fentiek közül, az adott állatot a HRV-méréshez egy 10 m × 15 m méretű, elválasztott vizsgálati területre különítettük el. A vizsgálati karámban a várható ellések időpontjától és a szívritmus-mérő műszereink rendelkezésre állásától függően általában 5–12 állat tartózkodott egyidőben, ezeket könnyen meg lehetett figyelni egyszerre is. Az 1. ábrán a vizsgálatba vont állatok és az általuk használt területek térbeli elrendezésének rajza látható.



1. ábra: A vizsgálatban megfigyelt területek térbeli elrendezésének sematikus ábrája.

A vizsgálati karámban lévő csoport összetétele dinamikusan változott, az elléshez a teheneket, amennyiben szükségesnek látszott, elkülönítették az elletőboksza. Ezt követően új állatok kerültek a vizsgálati területre, de egyidőben legalább öt állat volt a vizsgálati karámban, amelyek folyamatosan láthatták az ellés előkészítő csoportban lévő, a vizsgálatunkba be nem vont társaikat.

Összesen 50 többször ellett, klinikailag egészséges, spontán ellésű tehenet vontunk be a vizsgálatba, amelyek 2013. február 3. és március 14. között ellettek. Három tehennek ellési segélynyújtásra volt szüksége, kettőt pedig megzavartak az ellés alatt (az egyiket a csoporttársak, a másikat gyógyszerbeadással), így ezeket kizártuk a vizsgálatból. Három tehen a várt időpont előtt ellett meg, ezeket azért kellett kizárnunk, mert így túl rövid volt esetükben a mérés. Egy tehenet azért kellett kizárni, mert az ellés a HRV-adatok letöltése alatt indult meg. További három tehen álló helyzetben ellett, ezeket is kivettük a vizsgálatból, mivel közismert, hogy a HRV értékeikülönböznek álló és fekvő helyzetben teheneknél (Hagen et al., 2005; Kézér et al., 2017). Két állatnál jelentkezett egészségügyi probléma az ellést követően (magzatburok-visszatartás és elfekvés), ezek sem vettek részt a vizsgálatban. Végül 35 tehen (átlag  $\pm$  SD; ellésszám= $3,4 \pm 1,3$ ; kondíciópontoszám= $2,9 \pm 0,2$ ; sántaságpontoszám= $1,5 \pm 0,2$ ) adatait vettük figyelembe a vizsgálat adatainak értékelésénél, amelyek szülészeti segélynyújtás és egyéb állatorvosi vagy gyógyszeres beavatkozás nélkül ellettek.

Az ellést követően a tehenek 30 percig az elletőbokszaiban maradtak a borjaikkal, majd három napot töltöttek a frissen ellett (ellető) csoportban, mielőtt átkerültek volna a termelőcsoportba.

### *A viselkedés megfigyelése*

Az ellési nyugtalanság kezdetét videófelvevételek alapján állapítottuk meg [a vizsgálati csoport fölött elhelyezett két kültéri, éjjel is látó hálózati csőkamera segítségével (Vivotek IP8331, VIVOTEK Inc., Taiwan)], az általánosan elfogadott viselkedési mutatók alapján (Miedema et al., 2011b). A teheneket a vizsgálati területről akkor hajtották át az elletőbokszaiba, amikor legalább 40 perce mutatták az ellés előtti nyugtalanság (fokozott aktivitás, farok gyakoribb emelgetése álló testhelyzetben, has felé nézés, talaj nyalogatása, gyakoribb vizelet- és/vagy bélsárürítés) egynél több jelét. Az állatokat akkor kezdték áthajtani, amikor álló testhelyzetben voltak. Minden egyes állatnál feljegyeztük az áthajtás kezdetét, így az azt követő 10 perc HRV-adatait ki tudtuk zárni a vizsgálatból.

### *Mérési időszakok*

Az ellés két fő stádiumát és azok két-két szakaszát az 1. táblázat tartalmazza. Az ellés különböző szakaszait nehéz lett volna meghatározni az ellés előtti időszakban a hagyományos három stádiumú, viselkedési jellemzőket (ellési nyugtalanság) és belső változásokat (pl. méhnyak tágulása, méhösszehúzódások) is figyelembe vevő felosztás szerint. Ezért amellettt döntöttünk, hogy a mérési időszakokat az ellés előtt kizárólag viselkedési jellemzők és klinikai tünetek alapján határozzuk meg. Mivel nagy variancia volt az egyes ellések időtartamában (40 és 316 perc között), rögzítettük ezen időszakok kezdő- ( $T_0$ =az ellési nyugtalanság kezdete) és végpontjait ( $T_2$ =a borjú megszületésének pillanata), majd az ellés időszakát a  $T_0$  és a  $T_2$  között eltelt időként határoztuk meg (2. ábra).

**1. táblázat:** Az ellés négy fő stádiumának és azok két-két szakaszának leírása a viselkedési és klinikai tünetek alapján, valamint az egyes szakaszok során elemzett R–R-minták száma

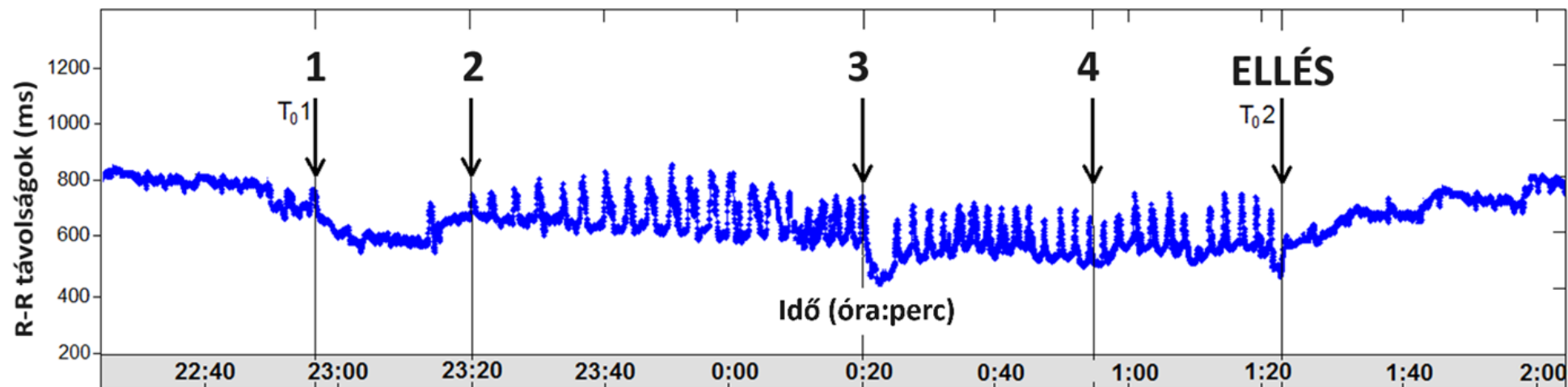
| Az ellés stádiumai és szakaszai |                                | Meghatározás                                                                                            | R–R-minták száma |
|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Az ellés 1. stádiuma            |                                |                                                                                                         |                  |
| 1                               | Első stádium korai szakasza    | Az ellésre utaló nyugtalanság kezdeti jelei és az első hasi összehúzódások közötti időszak <sup>1</sup> | 1–2              |
| 2                               | Első stádium késői szakasza    | Az első hasi összehúzódások és az amnionhólyag megjelenése közötti időszak                              | 1–3              |
| Az ellés 2. stádiuma            |                                |                                                                                                         |                  |
| 3                               | Második stádium korai szakasza | Az amnionhólyag megjelenése <sup>2</sup> és a borjú végtagjainak megjelenése közötti időszak            | 2–3              |
| 4                               | Második stádium késői szakasza | A borjú végtagjainak megjelenése és a megszületése közötti időszak <sup>3</sup>                         | 2–4              |

<sup>1</sup>Az első alkalom, amikor a tehén teljesen vagy részben az oldalán fekszik és a hasizmok ritmikusan összehúzódnak és elernyednek.

<sup>2</sup>A még ép amnionhólyag megjelenik a pérarésben.

<sup>3</sup>A borjú csípője teljes terjedelmében áthalad a pérarésen.

Az első fő időszakot, az *ellés előtti időszakot* a T<sub>0</sub>1 időpontot megelőző 96 órában határoztuk meg. Ennek 8 stádiumát különböztettük meg: 96–72, 72–48, 48–36, 36–24, 24–12, 12–6, 6–1 és 1–0 órával a T<sub>0</sub>1 előtt. A harmadik fő időszak kezdete a T<sub>0</sub>2 időpont (a borjú megszületése) volt és az ellés utáni 48. óráig tartott; ez az *ellés utáni időszak*. Ebben az időszakban 8 stádiumot különböztettünk meg: 0–0,5 (a borjú megszületése és elvétele között), 0,5–1 (a borjú elvétele és az első fejés között), 2–4 (az első fejést követően), 4–8, 8–12, 12–24, 24–36 és 36–48 órával az ellést követően. Az ellés előtti és utáni időszakokból óránként egy-egy R–R-mintát használtunk fel a későbbi HRV-elemzés során.

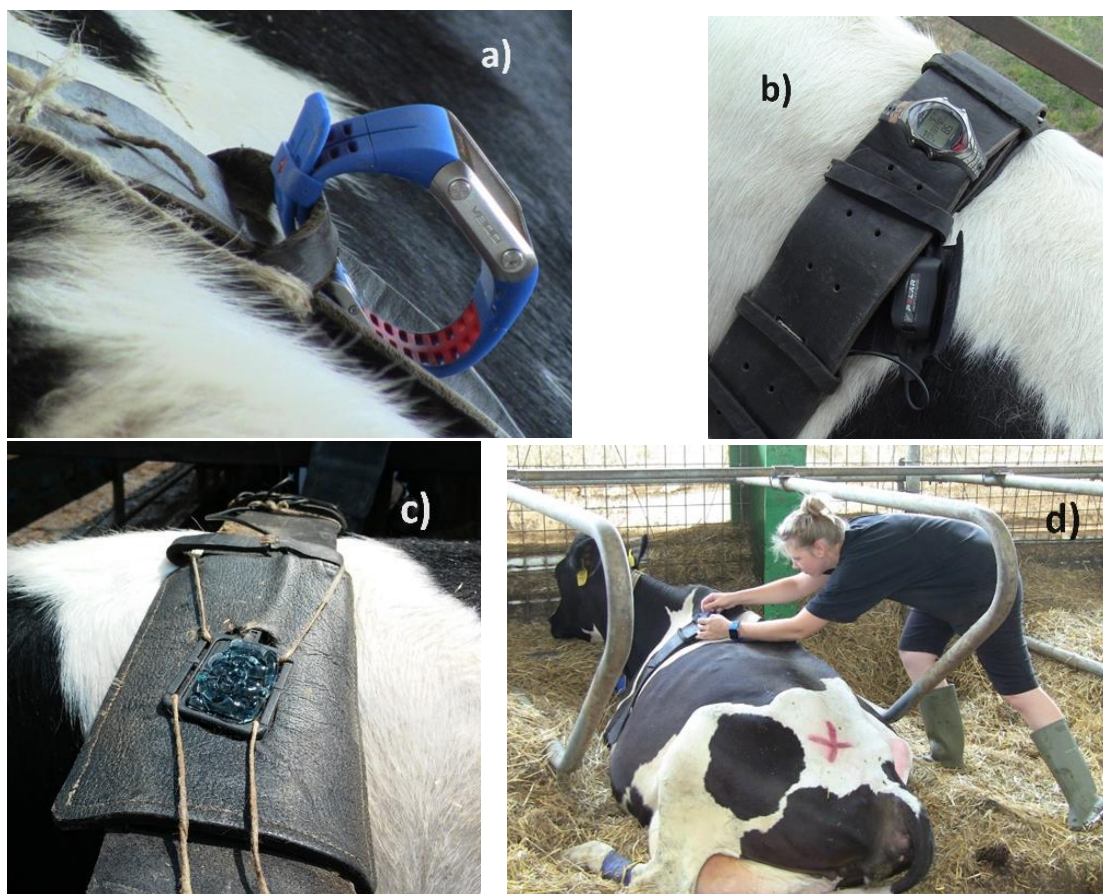


**2. ábra:** Az egyik vizsgált állat R–R intervallum adatai az ellés során (a Kubios 2.1 HRV-szoftver alkalmazásával).

Az X-tengelyre merőleges szaggatott vonal az ellési nyugtalanság kezdetét jelzi ( $T_01$ ), a  $T_02$  értékét a megszületés pillanataként határoztuk meg. A  $T_01$  és  $T_02$  közötti számok az ellés négy stádiumainak kezdetét jelzik az alábbiak szerint: 1=az első, ellésre utaló nyugtalanság jelei és az első hasi összehúzódások között; 2=az első hasi összehúzódások és az amnionhólyag megjelenése között; 3=az amnionhólyag megjelenése és a borjú végtagjainak megjelenése között; 4=a borjú végtagjainak megjelenése és a megszületése között. Egyértelműen látható az R–R-intervallumok rövidülése az ellés előtti nyugtalanság kezdetétől ( $T_01$ ). A hasi összehúzódások kezdetétől periodikusság figyelhető meg az R–R intervallumok változásában. Az ellés *első stádiumának késői szakaszában* a periódusok 60–80 másodpercig tartanak, míg az ellés *második stádiumának korai és késői szakaszában* ez 40–50 másodpercre rövidül. Megfigyelhető, hogy az ellést követően gyorsan nő az R–R intervallumok hossza (csökken a szívritmus).

### Az R–R-adatok gyűjtése és elemzése

A 24-órás adatgyűjtés során az R–R-intervallumokat egy mobil adatrögzítő rendszer segítségével rögzítettük, amely a Polar H7 jeladóval és a Polar RS800 CX szívritmusmérővel (Polar Electro Oy, Kempele, Finnország) kompatibilis Polar Equine T56H transzmitterből és két beépített elektródából állt. Emellett Polar Equine V800 készüléket és az azzal kompatibilis Polar H10 jeladót is használtunk. Az elektródák érintkezési felületeit ultrahanggéllel fedtük be (Aquaultra Blue, MedGel Medical, Barcelona, Spanyolország), majd az elektródahámot egy saját tervezésű bőrhevederrel védtük a külső behatásoktól és rögzítettük az állatokhoz (3/a–d. ábra).



**3. ábra:** Polar V800 műszer a bőrhevederhez rögzítve (a) Polar RS800 CX óra jeladóval (b) az elektróda UH-géllel bevonva (c), a műszer visszahelyezése egy kísérleti állatra adatletöltést követően (d).

**Fotók:** Dr. Kovács Levente

A Polar RS800 CX és Polar Equine V800 szívritmusmérők korlátozott kapacitása (kb. 25 000 R–R-intervallum) miatt az adatokat 48 óránként letöltöttük a Polar Pro Trainer, illetve a Polar Flow Synchron alkalmazások segítségével. Mivel a szívritmus- és a HRV-értékeket tejlő szarvasmarhákban a fizikai aktivitás is befolyásolja (Frondeius et al., 2015; Kézér et al., 2017), attól a ponttól tekintettünk egy eseményt lefekvésnek, amikor a lefekvés után eltelt 3 perc, vagy a kérődzés befejezése után legalább 5 perc. A HRV-elemzéshez az ellés előtti és utáni időszak minden egyes stádiumából olyan R–R-intervallum-mintákat választottunk, amikor az állatok feküdtek. Minden állatnál meghatároztuk az egyedi alapértékeket az ellés előtti nyugalanság kezdetét megelőző 96–72 óra közötti időszak mérési adataiból és ezek átlagát tekintettük alapértéknek.

Az R–R-intervallumok elemzését a Kubios HRV (2.1 verzió, Biomedical Signal Analysis Group, Department of Applied Physics, University of Kuopio, Finnország, Tarvainen és Niskanen, 2018) szoftverrel végeztük. Időtartományban a szívritmust és a leginformatívabb jelzőszámot, az egy-mást követő R–R-távolságok különbségeinek négyzetgyökét (root mean square of successive differences in the consecutive R–R intervals, RMSSD) számítottuk ki, utóbbi a szív működés rövidtávú változékonyságát tükrözi és a vágusz tónus jelzője a szarvasmarhákban (Kovács et al., 2014a).

Az R–R-távolságok frekvenciatartományban való elemzéséhez az Akselrod és munkatársai (1981) által kidolgozott spektrális elemzést használtuk. Ez az eljárás először elvégzi az adatsorok lineáris interpolációját, majd ezeket az újrászámolt adatokat gyors Fourier transzformáció segítségével harmonikus összetevőire bontja és frekvenciatartományban ábrázolja. A nagyfrekvenciás (high frequency, HF) komponens általánosan elfogadottan a szív működés paraszimpatikus modulációját tükrözi, amelyet a vágusz fejt ki baroreceptor-aktivitás hatására (Malliani, 1995). Mivel a HF és a kisfrekvenciás (low frequency, LF) spektrális összetevők közül előbbi kizárólag a vágusz, utóbbi a vágusz és szimpatikus ideg közvetítésével jön létre, e jelzőszámok hányadosa (LF/HF) a szimpatoparaszimpatikus egyensúly, illetve a szimpatikus aktivitás mutatójaként használható (Carrasco et al., 2001; von Borell et al., 2007). Von Borell és munkatársai (2007) javaslatai alapján határoztuk meg a spektrális komponensek határértékeit: LF: 0,05–0,20 Hz és HF: 0,20–0,58 Hz.

### *Statisztikai elemzés*

A statisztikai elemzés során általános lineáris modelleket használtunk (SPSS 18.0 verzió, Chicago, Illinois, USA) végeztük. A modelleket alkotó paramétereket a Kolmogorov–Smirnov teszt segítségével grafikusan ellenőriztük a varianciaeloszlás és homogenitás szempontjából.

Mivel az adatok nem mutattak normális eloszlást, a szívritmust és a HRV (függő változók) paramétereit logaritmikus transzformációnak vetettük alá az elemzés előtt. A kovariánsok [napszak a megszületéskor (óra : perc), kondíciópontszám (2 és 3,5 között), borjú születéskori testtömege (kg), ellés hossza (perc)] fix faktorként szerepeltek a modellben. A kovariánsok HRV-paraméterekre gyakorolt hatását az ellés második stádiumának késői szakasza (azaz a borjú végtagjainak megjelenése és a megszületése közötti időszak) és az ellést követő 12–24 óra között vizsgáltuk.

A szívritmus és a HRV-paraméterek közötti páronkénti különbségeket a fő periódusok 20 szakasza között [T<sub>0</sub>1 előtt (ellés előtti időszak), T<sub>0</sub>1 és T<sub>0</sub>2 között (ellés) és T<sub>0</sub>2 után (ellés utáni időszak)], beleértve a „nyugalmi” értékeket (72–96 órával az ellési nyugtalanság kezdete előtt) a Bonferroni-féle post-hoc teszttel vizsgáltuk, átlagolva az összes 5 perces R–R-intervallum-mintát minden mérési szakaszban. A különbségeket  $P < 0,05$  érték mellett tekintettük szignifikánsnak. Ezeket az átlagokat használtuk az eredmények grafikus megjelenítésekor is.

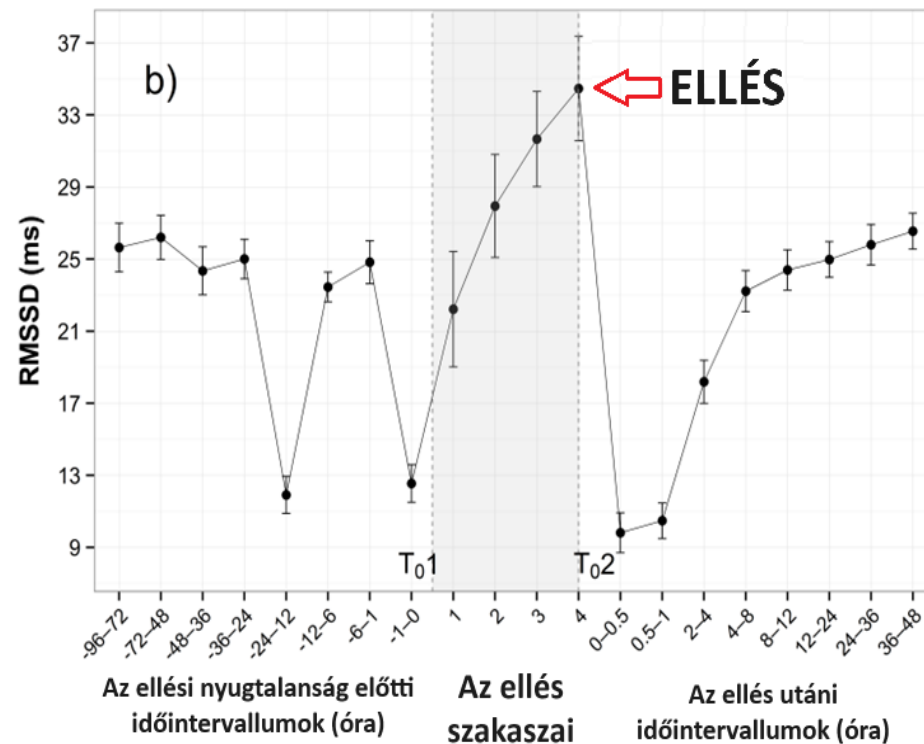
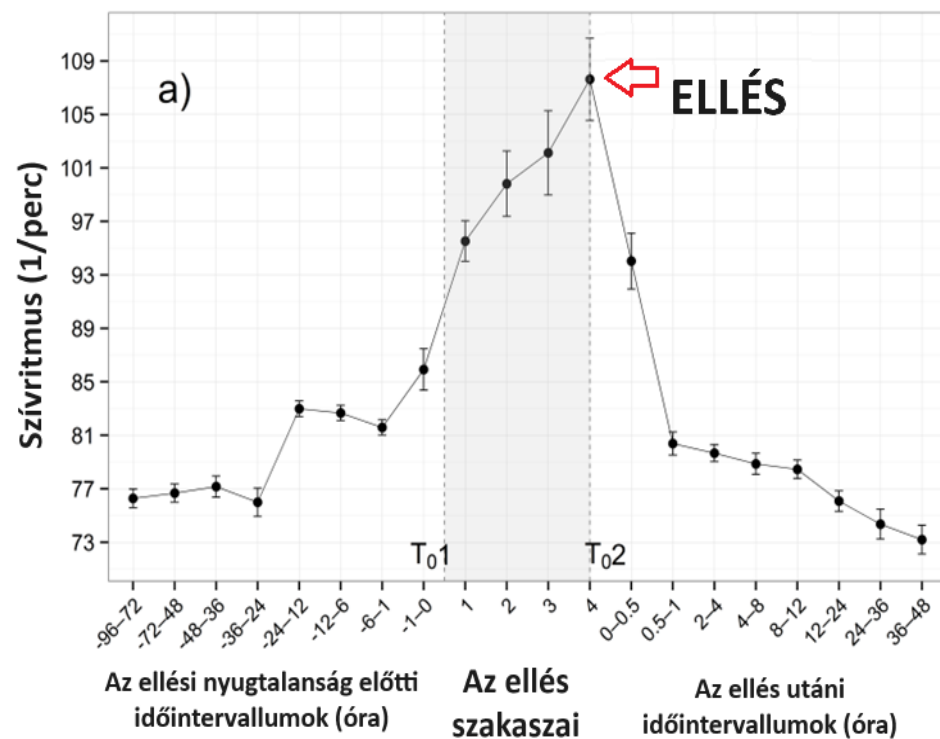
#### 2.2.1.3. Eredmények

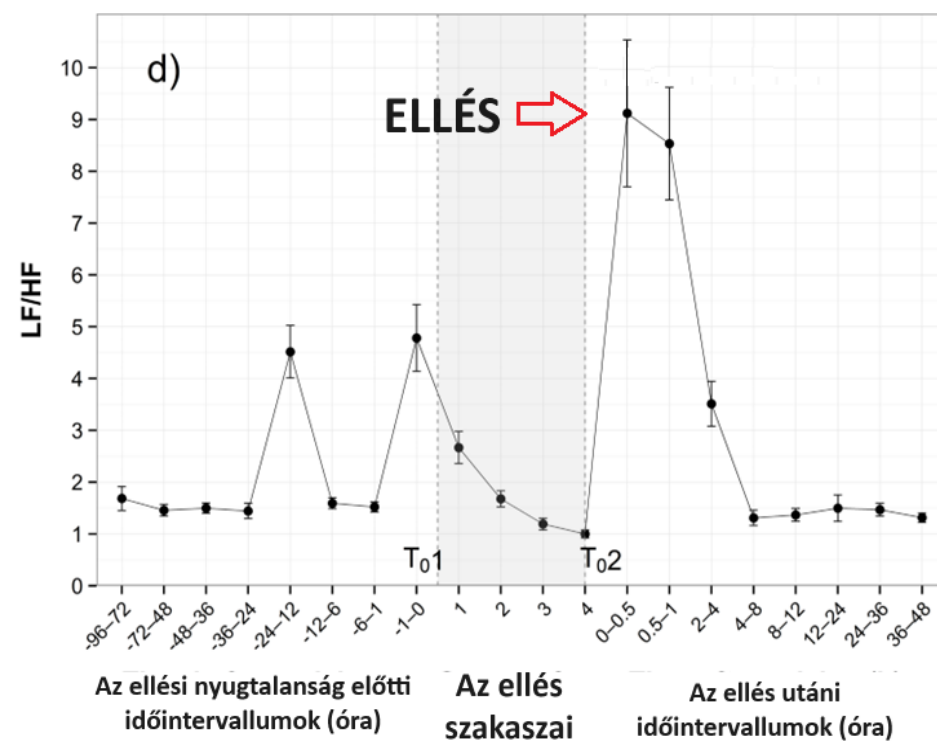
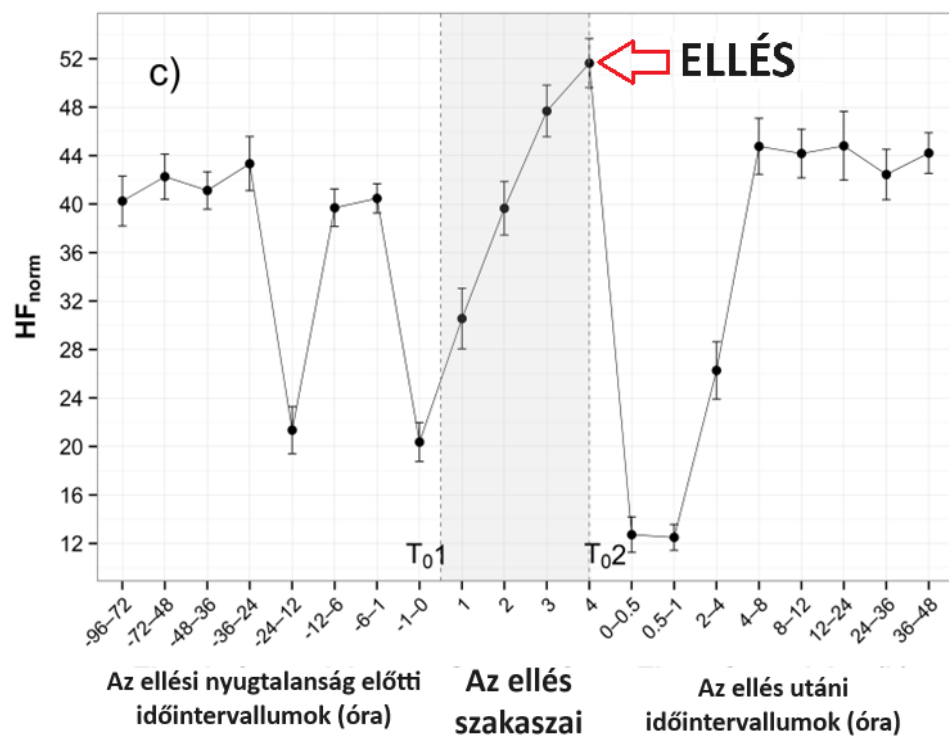
A szívritmus és a HRV paraméterek változását az ellés körüli időszakban a 4. ábra foglalja össze. A szívritmus már 12–24 órával az ellési nyugtalanságot megelőzően nőtt, de csak a nyugtalanság viselkedésbeli megnyilvánulása után (4/a ábra) haladta meg a nyugalmi értéket ( $P < 0,01$ ), majd a kitolási szakasz végén érte el maximális értékét ( $107,5 \pm 12,4$ ; különbség a nyugalmi értékhez képest:  $P < 0,001$ ). Az ellést követő 0–0,5 óra között a szívritmus az alapérték fölött maradt ( $98,3 \pm 7,6$ ; különbség a nyugalmi értékhez képest:  $P < 0,001$ ), majd az ellés utáni 0,5–1 órában hirtelen csökkent és az ellés utáni időszak további részében már nem tért el a nyugalmi értéktől.

Nem volt jelentős változás a HRV paraszimpatikus (RMSSD, HF) és szimpatikus (LF/HF) mutatóiban az ellés előtti nyugtalanságot megelőző 24–96 óra között (4/b–d ábra). 12–24 órával az ellési nyugtalanságot megelőzően az RMSSD és a HF jelentősen csökkent (sorrendben 17%, illetve 105%-kal,  $P<0,001$  mindkét mutató esetében), majd az ellési nyugtalanság előtti 1–12 órában visszaállt a nyugalmi értékhez. Ezzel szemben az LF/HF nagyobb volt az alapértéknél (sorrendben 163%,  $P<0,01$ , illetve 367%-kal,  $P<0,001$ ). Ugyanez a minta volt megfigyelhető a HRV-paramétereknél az ellési nyugtalanságot megelőző 0–1 órában.

Az ellési nyugtalanság első jeleit követően az RMSSD és a HF fokozatosan nőtt ( $P<0,001$  az ellési nyugtalanságot megelőző 0–1 órához képest, mindkét mutató esetében), de csak az első hasi összehúzódásokat követően haladták meg szignifikánsan a nyugalmi értéket. Az ellés második stádiumának korai és késői szakaszaiban az RMSSD és a HF tovább nőtt, maximális értékeiket a borjú megszületése előtt érték el (a nyugalmi értéktől való különbség sorrendben  $P<0,05$ ,  $P<0,01$  és  $P<0,01$ ). Az ellés első stádiumának korai szakaszában az LF/HF csökkent az ellési nyugtalanság előtt mért értékhez képest (4/d ábra). Az első hasi összehúzódások megjelenését követően (az ellés első stádiumának késői szakaszában) elérte a nyugalmi értéket és nem változott a borjú megszületéséig.

Az RMSSD- és a HF-értékek gyorsan csökkentek az ellést követő 0–0,5 órában (sorrendben 231%, illetve 323%-kal), értékük alacsonyabb volt, mint bármely más vizsgálati időszakban (különbség a nyugalmi értékhez képest:  $P<0,001$  mindkét esetben). Az LF/HF ekkor érte el a maximumát (643%-kal haladta meg az ellés második stádiumának késői szakaszában mért értéket), és nagyobb volt, mint bármely más stádiumban ( $P<0,001$ ). Az ellést követő 0,5–1 órában egyik HRV-paraméter sem különbözött az ellés utáni időszak előző szakaszában mért értékekhez képest. Az RMSSD- és HF-értékek fokozatosan nőttek a borjú megszületését követően, és 4–8 órával az ellés után már statisztikailag nem különböztek a nyugalmi értékektől (4/b és 4/c ábrák). Az ellés utáni időszak fennmaradó részében a HF némileg meghaladta a nyugalmi értéket (4/c ábra), azonban ezek a különbségek nem voltak szignifikánsak az öt mérési időszak egyikének esetében sem. Ezzel szemben az LF/HF csökkent ebben az időszakban, majd az ellés utáni 4–8 óra között visszaállt a nyugalmi értékre, és mindkét spektrális paraméter kiegyensúlyozott értékeket mutatott a vizsgálat végéig (4/c és d ábra).





**4. ábra:** A szívritmus (a), az egymást követő R–R-távolságok különbségeinek négyzetgyöke (RMSSD) (b), a HRV nagyfrekvenciás komponense ( $HF_{norm}$ ) (c), a kis- (LF) és nagyfrekvenciás (HF) komponensek hányadosa (LF/HF) (d) segélynyújtás nélkül ellett tejelő teheneknél az ellés körüli időszakban.

Az X-tengelyre merőleges szaggatott vonal az ellés előtti nyugtalanság kezdetét jelzi ( $T_{01}$ ), a  $T_{02}$  értékét a megszületés pillanataként határoztuk meg. A  $T_{01}$  és  $T_{02}$  közötti számok az X-tengelyen az ellés stádiumait jelzik (az ellés időszaka az ábrán szürkével jelölve) az alábbiak szerint: 1=az első, ellésre utaló nyugtalanság jelei és az első hasi összehúzódások között; 2=az első hasi összehúzódások és az amnionhólyag megjelenése között; 3=az amnionhólyag megjelenése és a borjú végtagjainak megjelenése között; 4=a borjú végtagjainak megjelenése és a megszületése között. Az értékeket átlag  $\pm$  SEM formában adtuk meg.

A megszületés időpontján kívül a kovariánsok statisztikailag szignifikánsak voltak legalább két szív működési mutató esetében az ellés második stádiumának késői szakaszában (2. táblázat). A szívritmus és az LF/HF nőtt, míg a HF csökkent a borjú testtömegének növekedésével. A szívritmus és az LF/HF nagyobb volt az erősebb kondíciójú állatokban. Az RMSSD, és a HF az ellés hosszával párhuzamosan nőtt, míg az LF/HF csökkent. Az ellés hossza nem befolyásolta a szívritmus értékét.

**2. táblázat:** A kovariánsok hatása a szívritmus és a HRV értékeire<sup>1</sup> a borjú lábvégeinek megjelenése és a megszületés között

| Szív működési mutató | Median $\pm$ MAD | A születés időpontja | A borjú születési testtömege | A tehén kondíciópontszáma | Az ellés hossza    |
|----------------------|------------------|----------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------|
| Szívritmus (1/perc)  | 73,1 $\pm$ 1,4   | ns                   | $\uparrow$ 23,0**            | $\uparrow$ 18,6*          | ns                 |
| RMSSD (ms)           | 24,8 $\pm$ 1,1   | ns                   | ns                           | ns                        | $\uparrow$ 8,3**   |
| HF (n.u.)            | 44,0 $\pm$ 3,8   | ns                   | $\downarrow$ 17,4***         | ns                        | $\uparrow$ 16,9*** |
| LF/HF                | 1,4 $\pm$ 0,2    | ns                   | $\uparrow$ 1,8**             | $\uparrow$ 1,6*           | $\downarrow$ 1,5*  |

<sup>1</sup> $\uparrow/\downarrow$ : a paraméter nő/csökken a kovariánsok növekedésével. Ns: nem szignifikáns, \* $P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$ , \*\*\* $P < 0,001$ . A leíró statisztikák a medián  $\pm$  medián  $\pm$ út eltérés (MAD) adatain alapulnak.

A megszületés időpontja csak az RMSSD-re hatott az ellés utáni 12–24 órában, amely nagyobb volt a későbbi napszakban ellett teheneknél. A szívritmus és az LF/HF nagyobb volt az erősebb kondíciójú teheneknél ( $P < 0,05$ ), míg az RMSSD és a HF ellést követően mért értékeit nem befolyásolta a kondíciópontszám (3. táblázat). A vágusz-aktivitás csökkent (kisebb HF), míg a szimpatikotónus nőtt (nagyobb LF/HF) azoknál a teheneknél, amelyek borja nagyobb testtömeggel született (3. táblázat). Az ellést követő 12–24 óra között a szívritmuson kívül minden HRV-paramétert befolyásolt az ellés hossza. A vágusz aktivitás nőtt (nagyobb RMSSD és HF), a szimpatikotónus pedig csökkent (kisebb LF/HF) azoknál a teheneknél, amelyek ellése tovább tartott.

**3. táblázat:** A kovariánsok hatása a szívritmus és a HRV értékeire<sup>1</sup> az ellést követő 12 és 24 óra között

| Szív működési mutató | Median $\pm$ MAD | A születés időpontja | A borjú születési testtömege | A tehén kondíciópontszáma | Az ellés hossza    |
|----------------------|------------------|----------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------|
| Szívritmus (1/perc)  | 102,7 $\pm$ 4,5  | ns                   | ns                           | $\uparrow$ 12,4*          | ns                 |
| RMSSD (ms)           | 34,2 $\pm$ 2,8   | $\uparrow$ 4,1*      | ns                           | ns                        | $\uparrow$ 8,3**   |
| HF (n.u.)            | 50,0 $\pm$ 1,9   | ns                   | $\downarrow$ 13,1**          | ns                        | $\uparrow$ 14,7*** |
| LF/HF                | 1,0 $\pm$ 0,1    | ns                   | $\uparrow$ 1,2*              | $\uparrow$ 1,0*           | $\downarrow$ 1,5*  |

<sup>1</sup> $\uparrow/\downarrow$ : a paraméter nő/csökken a kovariánsok növekedésével. Ns: nem szignifikáns, \* $P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$ , \*\*\* $P < 0,001$ . A leíró statisztikák az egyén medián  $\pm$  medián abszolút eltérés (MAD) adatain alapulnak.

#### 2.2.1.4. Megbeszélés

Vizsgálatunk során új adatokat kaptunk a vegetatív idegrendszer aktivitásáról a HRV-paraméterek mérésével tejhasznú teheneknél az ellés körüli időszakban. Az ellési nyugtalanságot megelőző 12–24, és 0–1 órás időszakban fokozott szimpatikus és csökkent vagusz-aktivitást tapasztaltunk. Számos korábbi kutatás számolt be a vagusz tónus csökkenéséről stressznek kitett tehenekben (Hagen et al., 2005; Gygax et al., 2008; Stewart et al., 2008; Sutherland et al., 2012; Kovács et al., 2013). Az a tény, hogy a szívritmus nem változott szignifikáns mértékben az ellési nyugtalanságot megelőző 12–24, és 0–1 órás időszakban arra utal, hogy a szívritmus-válasz nem közvetlenül a korlátozott vegetatív idegrendszeri aktivitás következménye, és a csökkenő paraszimpatikus tónust nem feltétlenül kíséri magasabb szívritmus.

Az ellési nyugtalanságot megelőző 12–24 órában megfigyelt változások egyik magyarázata lehet a magzat elmozdulása a méhen belül, ahogy felkészül a megszületésre. Meg kell jegyeznünk, hogy a vagusz tónus csökkenésének időszaka nem volt megfeleltethető semmilyen stresszel összefüggő viselkedéssel vagy környezeti hatással ebben az időszakban.

A csökkent vagusz tónussal párhuzamosan nőtt a szimpatikotónus a viselkedési tüneteket megelőző 0–1 órában. Megfigyeléseink alátámasztják, hogy a komfortérzet már akkor is romlik, amikor még nem láthatóak egyértelműen a stressz jelei (von Borell, 2001). Itt a vagusz tónus csökkenése valószínűleg az első méhösszehúzódások és a méhnyak tágulása okozta zsigeri fájdalmat mutatja, ami azonban csak később nyilvánult meg nyugtalanságban. Bár vizsgálatunkban nem mértünk specifikus fájdalom reakciókat, egy szülő anyákon végzett kutatás alátámasztja feltételezésünket, ugyanis a szülés alatti fájdalom intenzitása a méhnyak tágulásával függött össze (Ness és Gebhart, 1990).

Mivel Porges polivagális elmélete szerint erős stressz hatására csökken a vagusz aktivitás (Porges, 2003), a legalacsonyabb vagusz aktivitást az ellés második stádiumában (kitolási szakasz) vártuk. Ugyanakkor vizsgálatunkban az ellési nyugtalanság kezdetétől a megszületésig a paraszimpatikus tónus fokozatos emelkedése volt megfigyelhető. A nagyobb vagusz-aktivitás valószínűleg az anyai oxitocinszint jelentős emelkedésével magyarázható, amely a méhösszehúzódásokkal és a méhnyak tágulásával függhet össze, amikor a magzat benyomul a szülőútba (Landgraf et al., 1983; Taverne és Noakes, 2009). A kitolási szakaszban a borjú lábvégei és a szutyak fokozatosan megnyitják a méhnyakat, ami további oxitocinfelszabaduláshoz vezet és kiváltja a hasi összehúzódásokat (Fuchs, 1985). Emberben az oxitocin felszabadulása növeli a nervus vagusz aktivitását (Uvnäs-Moberg és Petersson, 2005), így feltételezzük, hogy a megnövekedett anyai oxitocinszint elegendő volt ahhoz, hogy felülírja a borjú kitolása okozta stressz vegetatív idegrendszerre gyakorolt hatását.

A maximum szívritmus-értékeket a kitolási szakaszban rögzítettük. Mivel vizsgálatunkban minden állat segélynyújtás és emberi jelenlét nélkül ellett meg, arra következtetünk, hogy az ellés során mért növekvő szívritmus az ellés alatti fokozott fizikai aktivitást mutatja.

A csökkent paraszimpatikus aktivitás és a szimpatikus tónus irányába való eltolódás az ellést követő 0–1 órában valószínűleg inkább az ellés során felszabadult oxitocin lebomlásával függ össze, nem a jelentős mértékű stresszel. A fokozott szimpatikus tónussal párhuzamosan a szívritmus hirtelen csökkenését figyeltük meg az ellés után, amelyet okozhatott a fizikai aktivitás csökkenése (Major, 1998), mivel a megszületést követően a magzatburkok távozásához csak a méh összehúzódásai szükségesek, amelyek általában az ellés utáni 8 órában jelentkeznek (Jackson, 2004) és ekkor nincsenek hasi összehúzódások (McNaughton és Murray, 2009; Beagley et al., 2010). Meg kell jegyeznünk, hogy bár az adatokat az állatok fekvő testhelyzetében rögzítettük, amikor a szimpatikus tónus normális esetben kifejezetten alacsony, az állatok aktívak voltak a mintavételt megelőzően a borjú felnyalása során, ami növelhette a szimpatikus tónust a megszületés után.

Eredményeink arra utalnak, hogy az ellés hosszan tartó hatást gyakorol a vegetatív idegrendszeri aktivitásra. A HRV-paraméterek csak 4–8 órával az ellést követően tértek vissza az alapértékekre. Hosszabb ellésnél nagyobb vágusz-aktivitást és csökkent szimpatikotónust találtunk a kitolási szakaszban. Mivel az oxitocinfelszabadulás a méh- és a hasi összehúzódásokkal összhangban, hullámokban következik be (Aurich et al., 1993a), a magasabb paraszimpatikus aktivitás lehet a hosszabb ellés miatti nagyobb oxitocinkoncentráció eredménye.

Ahogy várható volt, a kitolási szakaszban a borjak születési testtömegének emelkedésével csökkent a paraszimpatikus tónus és dominánsabbá vált a szimpatikus tónus. A szimpatikus tónus magasabb volt az erősebb kondíciójú teheneknél az ellés második stádiumának késői szakaszában és az ellést követő 12–24 óra között. A megszületés időpontja csak az RMSSD értékére volt hatással az ellés utáni 12–24 órában, így elmondható, hogy a megszületés időpontja nem releváns az ellés utáni időszakban a szívműködés értékelése szempontjából.

## **2.2.2. A szülészeti segélynyújtás viselkedési és élettani hatásainak vizsgálata**

### **2.2.2.1. Célkitűzések**

Vizsgálatunk célja az volt, hogy kiderítsük, befolyásolja-e a szülészeti segélynyújtás időpontja (a javasoltnál korábbi vagy szakszerűen időzített) vagy az ellési menedzsment (egyedi bokszos vagy csoportos elletés) a tehen stressz-szintjét az ellés alatt és az ellést követő időszakban. Azt is vizsgáltuk, hogy az ellési segélynyújtás időzítésének van-e hatása az ellés hosszára, az anyaállat egészségi állapotára, illetve annak viselkedésére.

### **2.2.2.2. Anyag és módszer**

#### *A vizsgált állatok, a csoportok kialakítása*

A vizsgálatba 176 egészséges, többször ellett tehenet [átlag  $\pm$  SD (szélsőértékek); életkor=5,8  $\pm$  0,7 (4,9–6,8); ellésszám=3,2  $\pm$  0,3 (2–4); kondíciópontszám=3,3  $\pm$  0,1 (3–3,4)] vontunk, amelyek 2013. szeptember 10. és december 13. között, illetve 2014. február 5. és április 20. között ellettek. A kutatás helyszínét, az állatok ellés előtti és azt követő elhelyezését és takarmányozását a 2.2.1.2. fejezetben ismertettem. A vizsgálat során a tehenek csoportban ellettek, azonban azokat az állatokat, amelyeknél az elletősök megítélése szerint segélynyújtásra volt szükség egy 4  $\times$  5 m-es elletőboksza terelték. Az elléseket négy csoportba osztottuk az ellés helyszíne, illetve az ellési segélynyújtás elvégzése és annak időzítése szerint:

- 1) Segélynyújtás nélküli ellés, elletőboksza (n=42);
- 2) Segélynyújtás nélküli ellés, csoportban (n=48);
- 3) Megfelelő várakozást követő segélynyújtással elletőboksza történt ellés (n=50) és
- 4) Korai segélynyújtással történt ellés (korábban, mint a 3-as csoportban) (n=36).

A segélynyújtás időzítésének meghatározásánál Schuenemann és munkatársai (2011) javaslatait alkalmaztuk, vagyis, hogy az amnionhólyag megjelenése után 70 perccel vagy a végtagok megjelenése után 65 perccel érdemes megkezdeni a beavatkozást. Azt tekintettük a segélynyújtás kezdetének, amikor legalább egy fő asszisztált elletőkötél vagy elletőkészülék segítségével. A megfelelő várakozást követő segélynyújtás mellett ellett állatok csoportjában a segélynyújtást az amnionhólyag

megjelenése után átlagosan 73–154 perccel ( $104,3 \pm 20,5$  perc), illetve a lábvégek megjelenése után 68–122 perccel ( $93,4 \pm 13,5$  perc) kezdték meg. A túl korai segélynyújtás mellett ellett állatok csoportjában a segélynyújtást az amnionhólyag megjelenése után 18–61 perccel ( $36,2 \pm 9,8$  perc), illetve a lábvégek megjelenése után 8–45 perccel ( $26,9 \pm 12,2$  perc) kezdték meg, többnyire úgy, hogy az állatokon még nem voltak látható jelei a méhösszehúzódnak.

#### *A vizsgált ellési paraméterek*

Az anya kondíciópontszámát az 5-pontos USA skálán értékeltük (Hady et al., 1994) az ellés után. Rögzítettük a borjú születési testtömegét, illetve a halvaszületés tényét. Az élveszületett, de 24 órán belül elpusztult borjakat halvaszületettnek tekintettük. Az újszülött borjak életképességét a megszületéskor, majd 24 órával később határoztuk meg a Szenci (1982) által javasolt pontozás alapján. Három kategóriát használtunk: 2 pont: normál izomtónus, fejét tartja, normális reflexek; 1 pont: gyenge izomtónus, hasfekvés, a fejet csak segítséggel tudja tartani, csökkent számú és intenzitású reflex; 0 pont: nincs izomtónus, végtagok extenzióban, nincs szívműködés (élettelen). Az ellés után 24 órával megvizsgáltuk a teheneket és feljegyeztük, ha a magzatburok-visszatartást találtunk. Magzatburok-visszatartásnak tekintettük, ha a burok a borjú megszületése után 24 órával még nem távozott el. Negyvennyolc órával az ellés után feljegyeztük a péra és a hüvely sérüléseit is [nincs szakadás (1), illetve szakadás a dorzális commissuránál és/vagy a péra és/vagy a hüvely belső falán (2)].

#### *Az anyai viselkedés megfigyelése*

Az elletői csoportban lezajlott elléseket a 2.2.1.2. fejezetben leírtakhoz hasonlóan a karám fölél helyezett két kültéri, éjjel is látó hálózati csókamera segítségével (Vivotek IP8331, VIVOTEK Inc., Tajvan, Taipei) figyeltük meg. Az elkülönítetten ellő tehenek megfigyelését két hordozható videókamerával (Legria HF M36, CANON Inc., Japán, Tokió) végeztük az elletőboksza való elhelyezést követően. A fájdalomra utaló viselkedést az ellési nyugtalanság és a borjú megszületése között, illetve az ellés utáni két órában figyeltük meg. A fájdalom jelének a hangadást és a fej has irányába való elfordítását tekintettük, ezek meglétét és gyakoriságát rögzítettük (Pilz et al., 2012). A görbült háttal való állás időtartamát is rögzítettük az ellés utáni két órában, ezt a hasi fájdalomra utaló jelnek tekintettük (Gleerup et al., 2015). Mindegyik viselkedést egy órára normalizáltunk.

Jensen (2012) javaslata alapján a korai anyai viselkedést az alábbiak szerint rögzítettük az ellés utáni két órában: 1) borjú fejének/testének szaglászása (a szutyak érintkezik a borjú fejével vagy testével, vagy nagyon közel van hozzá) és 2) a borjú fejének/testének megnyalása (a nyelv érintkezik a borjú fejével vagy testével). A szaglászás és a felnyalás kezdetéig eltelt időt és annak teljes időtartamát mindegyik tehenél mértük az ellést követő első két óra során.

#### *Az R–R-adatok felvétele és a HRV-elemzés*

Az R–R-adatok felvétele a várható ellést megelőzően egy héttel kezdődött, és a 2.2.1.2. fejezetben leírt módon történt, csakúgy, mint a HRV elemzése. A HRV paramétereit a következő időszakokban határoztuk meg: 1) ellés előtti időszak – az ellési nyugtalanság előtti 96 óra, 2) ellés – az ellés előtti nyugtalanság kezdete és a borjú megszületése közötti időszak, és 3) ellés utáni időszak – a borjú megszületését követő 48 óra. Az ellés előtti időszakban 12 mérési szakasz volt: az ellési nyugtalanság előtti 96–72, 72–48, 48–36, 36–24, 24–18, 18–12, 12–6, 6–4, 4–2, 2–1, 1–0,5 és 0,5–0 óra között.

Az ellés vizsgálatára négy mérési szakaszt választottunk ki, amelyeket egyenletesen osztottunk el az ellés során (vizsgálatunkban 72 és 243 perc között változott). Az ellés utáni időszakban 17

mérési szakaszt vettünk fel: a megszületést követő 0–0,5, 0,5–1, 1–1,5, 1,5–2, 2–3, 3–4, 4–6, 6–8, 8–10, 10–12, 12–16, 16–20, 20–24, 24–30, 30–36, 36–42, és 42–48 óra között. Az ellés előtti és az ellés utáni időszakban minden mérési szakasznál óránként két, 5 perces mintát jelöltünk ki. Azokat az 5 perces mintákat elemeztük, amelyek megfeleltek az alábbi két kritériumnak: 1) a tehén fekszik/áll és nem zavarják a csoporttársak; 2) a tehén az adatrögzítés megkezdése előtt legalább 5 perccel befejezte az evést és/vagy sétálást. Az elemzésnél nem vettük figyelembe az állatok elletőboksza való behajtása során rögzített adatokat (amikor elletőbokszaiban történt az ellés), illetve az adatok időszakos leltetéséhez kifogott és rögzített állatok értékeit a lekötés előtti 10 és a lekötést követő 30 percben.

### *Statisztikai elemzés*

A statisztikai számításokat az R–3.0.2. statisztikai környezetben végeztük (R Core Team, 2013). Az adatok varianciáinak egyezőségét Levene-tesztel, míg a normál eloszlást Shapiro–Wilk-tesztel értékeltük. A frekvenciatartományban számított mutatók (HF és LF/HF) elemzése előtt logaritmikus transzformációt alkalmaztunk. Ezt követően ismételt méréseket végeztünk ANOVA-val külön-külön mind a négy csoportban. A statisztikai szignifikanciákat az összes mérési időpont között a Tukey-féle post-hoc teszttel számítottuk ki. A szignifikanciaszint  $P < 0,05$  volt.

A négy vizsgált csoport HRV-paramétereit a görbe alatti terület (GAT) módszerével számítottuk. A vegetatív idegrendszeri funkció rövidtávú indikátorának a szívritmus és az LF/HF maximumát és a HF minimumát választottuk. Hosszútávú indikátorok a nyugalmi értékhez való visszatéréshez szükséges idő és a GAT voltak. A nyugalmi értékhez való visszatéréshez szükséges időnél a nyugalmi értékhez képest 5%-os küszöbértéket állapítottunk meg. A GAT értékét a következő képlet alapján számítottuk ki:

$$GAT = \sum [(HRV_n + HRV_{n+1}) / 2 \times h - NYUGALMI \text{ ÉRTÉK}],$$

ahol „HRV” az adott HRV mutató értéke az adott időpontban, „h” a két HRV-érték között eltelt idő órában, és a „nyugalmi érték” a szívritmus, a HF és az LF/HF első három mérési szakasz során mért átlaga (az első 12 R–R mintából számolva, az ellési nyugtalanság előtti 96–36 óra közötti időszakban). Az ellés utáni GAT-ot a nyugalmi értékhez való visszatéréshez szükséges időig határoztuk meg.

A fájdalommal kapcsolatos viselkedési események számát óránkénti gyakoriságra normalizáltuk az ellés (az ellési nyugtalanság kezdete és az ellés között), és az ellés utáni első két órában. Az adatokat a normál eloszlásra (Shapiro–Wilk-teszt) és a hibavarianciák egyenlőségére teszteltük a módosított robusztus Brown–Forsythe Levene-típusú teszttel. A GAT-értékeket, maximumokat és minimumokat a Kruskal–Wallis-teszttel hasonlítottuk össze a csoportok között. Az átlagok páronkénti összehasonlítását a Wilcoxon rangösszeg-teszttel végeztük Bonferroni-korrekciónal. A szignifikanciaszint  $P < 0,05$  volt. Az adatok normálításának ellenőrzése (Kolmogorov–Smirnov-teszt) után mindkét viselkedésre és az ívelt háttal való állás időtartamára vonatkozóan (szülés utáni megfigyelések esetén) ANOVA-t követtünk, és Tukey-féle post-hoc tesztet alkalmaztunk a csoportok közötti átlagok összehasonlítására  $P < 0,05$  szignifikanciaszint mellett.

A korai anyai viselkedés és a postpartum egészségügyi paraméterek értékeinek normalizációs vizsgálata a Kolmogorov–Smirnov-teszttel, majd az egyes viselkedéselemek és egészségügyi adatok csoportok közötti összehasonlítása ANOVA-val történt. A csoportátlagok páronkénti összehasonlítása az anyai viselkedés esetében a Tukey-féle post-hoc teszttel, míg az egészségügyi mutatók összehasonlítása Pearson-féle Khi-négyzet-teszttel és Z-teszttel történt. A páronkénti összehasonlítások során a  $P$ -értékeket Bonferroni-korrekciónal korrigáltuk. A szignifikanciaszint 0,05 volt.

### 2.2.2.3. Eredmények

#### *Az ellések kimenetele*

A vizsgálat időtartama alatt nem volt ikerellés. Az ellési segélynyújtás előfordulási aránya 38,2% volt. Az ellések jellemzőit és kimenetelét, az anyaállatok kondíciópontszámát és a borjak testtömegét a 4. táblázat tartalmazza. A borjak születési testtömege és az anyaállatok kondíciópontszáma nem különbözött a csoportok között közvetlenül a megszületés után. Az ellési nyugtalanság és az amnionhólyag megjelenése között eltelt idő sem különbözött a csoportok között. Az amnionhólyag és a lábvégék megjelenése, illetve a megszületés között eltelt idő, valamint az ellés teljes hossza rövidebb volt a segélynyújtás nélkül csoportban ellett tehenekben, összehasonlítva a segélynyújtás nélkül, elletőboksban ellett tehenekkel (sorrendben  $P=0,024$ ,  $P=0,017$  és  $P=0,020$ ). Az ellés hosszabb volt a megfelelő időben megkezdett, és a korai segélynyújtás mellett ellő tehenekben, összehasonlítva a csoportban ellett tehenekkel ( $P=0,008$ ,  $P=0,005$  sorrendben).

A korai segélynyújtás hatására szignifikánsan több halvaszületés fordult elő, mint azoknál a teheneknél, amelyeknél optimális időben avatkoztak be ( $P=0,007$ ). Habár az időszerű segélynyújtásban részesült tehenek borjainak életképesség-pontszáma kisebb volt, mint a csoportban, illetve elletőboksban segélynyújtás nélkül ellett tehenek borjaié ( $P=0,023$  mindkét csoporttal összehasonlítva), 24 órával az ellés után az életképességük már hasonló volt ( $>1,8$ ), mint a segélynyújtás nélkül született borjaké (4. táblázat). A korai beavatkozást követően született borjak életképessége gyengébb volt, mint a csoportban, elletőboksban, illetve megfelelően időzített segélynyújtást követően született borjaké közvetlenül az ellés után (sorrendben  $P=0,026$ ,  $P=0,007$  és  $P=0,006$ ) és 24 óra múlva (sorrendben  $P=0,014$ ,  $P=0,010$  és  $P=0,010$ ).

A nehézellés aránya a csoportban, segélynyújtás nélkül ellett tehenekben volt a legkisebb, ezt követte az elletőboksban, szintén segélynyújtás nélkül ellett csoport, mindkét csoportban 10% alatt maradt az értéke (4. táblázat). Mindkét ellési segélynyújtás nélküli csoportban kisfokú nehézellések fordultak elő (több mint két óra telt el a lábvégék megjelenése és a megszületés között), míg a segélynyújtást igénylő állatoknál kisfokú és súlyos fokú nehézellés is előfordult. A nehézellések aránya több, mint kétszer olyan nagy volt a korai segélynyújtással ellő csoportban, mint megfelelően időzített beavatkozás mellett ellő csoportban ( $P=0,004$ ), a súlyosfokú nehézellések aránya pedig több, mint négyszerese volt a korai beavatkozást követően megellett tehenekben azokhoz a tehenekhez képest, amelyek megfelelő időben részesültek ellési segélynyújtásban ( $P<0,001$ ).

#### *Viselkedés az ellés körüli időszakban*

Az ellés körüli időszakban megfigyelt viselkedési elemek előfordulási gyakoriságát az 5. és 6. táblázatokban ismertetjük. Az ellési nyugtalanság és a borjú megszületése között a hangadás és a fej far-medence tájék felé nyújtogatása is gyakrabban fordult elő a csoportban ellett teheneknél, mint a három másik csoportban (5. táblázat). Mindkét viselkedés előfordulása alacsony volt az egyedi boksban ellett tehenekben. A borjú megszületését követő kétórás időszakban nem volt különbség az egyes csoportok között a hangadásban és a fej far-medence tájék felé nyújtogatásában.

A szülészeti segélynyújtás nélkül, csoportban ellett tehenek hamarabb kezdték szagolgatni és felnyalni a borjaikat és tovább is tartottak ezek az epizódok a megszületést követő két órában, mint bármelyik másik csoportban (6. táblázat). A segélynyújtás nélkül és az időben végzett segélynyújtással ellett tehenek több időt töltöttek a borjak felnyalásával az ellés utáni két órában, és hamarabb is vették fel a kapcsolatot a borjaikkal, mint azok, amelyek túl korai segélynyújtásban részesültek.

**4. táblázat:** Az ellés lefolyását, a borjú és az anyatehén egyes jellemzőit és az ellés egészségügyi következményeit leíró paraméterek (átlag ± SEM)

| Az ellés jellemzői és egészségügyi következményei                                      |                              | Vizsgálati csoportok                 |                                  |                                  |                                        | Statisztika <sup>1</sup> |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|--------------------------|------------|
|                                                                                        |                              | Segélynyújtás nélkül, elletőbokszbán | Segélynyújtás nélkül, csoportban | Segélynyújtással, elletőbokszbán | Korai segélynyújtással, elletőbokszbán | $F_{3,173}$              | $P$ -érték |
| Az ellési nyugtalanság kezdete és az amnionhólyag megjelenése között eltelt idő (perc) |                              | 41,4 ± 7,4                           | 47,0 ± 8,2                       | 46,3 ± 8,9                       | 48,1 ± 9,6                             | 12,67                    | 0,450      |
| Az amnionhólyag és a lábvégek megjelenése között eltelt idő (perc)                     |                              | 77,4 ± 6,2 <sup>a</sup>              | 52,6 ± 5,5 <sup>b</sup>          | 82,0 ± 7,4 <sup>a</sup>          | 78,3 ± 6,6 <sup>a</sup>                | 37,43                    | 0,031      |
| A lábvégek megjelenése és a megszületés között eltelt idő (perc)                       |                              | 58,3 ± 4,8 <sup>a</sup>              | 34,2 ± 4,0 <sup>b</sup>          | 50,8 ± 5,9 <sup>a</sup>          | 54,5 ± 5,4 <sup>a</sup>                | 28,92                    | 0,014      |
| Az ellés hossza (perc)                                                                 |                              | 166,7 ± 12,4 <sup>a</sup>            | 132,3 ± 10,1 <sup>b</sup>        | 178,9 ± 14,7 <sup>a</sup>        | 180,4 ± 13,5 <sup>a</sup>              | 47,56                    | 0,021      |
| A borjú születési testtömege (kg)                                                      |                              | 36,6 ± 0,83                          | 36,8 ± 0,85                      | 40,7 ± 0,90                      | 37,2 ± 0,72                            | 4,02                     | 0,875      |
| Az anyatehén kondíciópontszáma                                                         |                              | 3,29 ± 0,07                          | 3,32 ± 0,09                      | 3,35 ± 0,10                      | 3,28 ± 0,12                            | 7,4                      | 0,830      |
| Halvaszületések aránya (%)                                                             |                              | 4,8 <sup>a</sup>                     | 0,0 <sup>b</sup>                 | 8,0 <sup>c</sup>                 | 22,2 <sup>d</sup>                      | 42,1                     | 0,003      |
| Az újszülött borjú életképessége                                                       |                              |                                      |                                  |                                  |                                        |                          |            |
|                                                                                        | Megszületéskor               | 1,85 ± 0,05 <sup>a</sup>             | 1,83 ± 0,06 <sup>a</sup>         | 1,58 ± 0,04 <sup>b</sup>         | 1,14 ± 0,18 <sup>c</sup>               | 31,6                     | 0,009      |
|                                                                                        | 24 órával az ellést követően | 1,92 ± 0,04 <sup>a</sup>             | 1,90 ± 0,04 <sup>a</sup>         | 1,86 ± 0,03 <sup>a</sup>         | 1,32 ± 0,08 <sup>b</sup>               | 20,3                     | 0,018      |
| Magzatburok-visszatartás (%)                                                           |                              | 14,3 <sup>a</sup>                    | 8,3 <sup>b</sup>                 | 25,0 <sup>c</sup>                | 78,9 <sup>d</sup>                      | 22,8                     | 0,008      |
| A szülőút sérülései (%)                                                                |                              | 9,5 <sup>a</sup>                     | 0,0 <sup>b</sup>                 | 18,8 <sup>c</sup>                | 80,0 <sup>d</sup>                      | 34,0                     | 0,003      |

<sup>1</sup>A sorokban az eltérő felső indexszel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek egymástól ( $P < 0,05$ ).

**5. táblázat:** A fájdalomra utaló viselkedés gyakorisága (átlag  $\pm$  SEM) az ellési nyugtalanság és a borjú világrajövele között, illetve az ellést követő két órában

| Fájdalomra utaló viselkedés    |                                                   | Vizsgálati csoportok                 |                                  |                                  |                                        | Statisztika <sup>1</sup> |       |
|--------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|--------------------------|-------|
|                                |                                                   | Segélynyújtás nélkül, elletőbokszbán | Segélynyújtás nélkül, csoportban | Segélynyújtással, elletőbokszbán | Korai segélynyújtással, elletőbokszbán | $F_{3,78}$               | $P$   |
| Ellés közben                   |                                                   |                                      |                                  |                                  |                                        |                          |       |
|                                | Hangadás (1/óra)                                  | $8,6 \pm 1,1^a$                      | $1,2 \pm 0,2^b$                  | $1,28 \pm 0,8^b$                 | $2,4 \pm 0,8^c$                        | 26,2                     | 0,002 |
|                                | A fej far-medence tájék felé nyújtogatása (1/óra) | $12,8 \pm 2,5^a$                     | $3,3 \pm 0,3^b$                  | $2,8 \pm 0,4^b$                  | $3,5 \pm 0,6^c$                        | 35,6                     | 0,001 |
| Az ellést követő első 2 órában |                                                   |                                      |                                  |                                  |                                        |                          |       |
|                                | Vokalizáció (1/óra)                               | $1,2 \pm 0,5$                        | $1,8 \pm 0,4$                    | $1,7 \pm 0,3$                    | $1,4 \pm 0,7$                          | 6,7                      | 0,850 |
|                                | A fej far-medence tájék felé nyújtogatása (1/óra) | $1,7 \pm 0,3$                        | $1,9 \pm 0,6$                    | $1,8 \pm 0,4$                    | $2,0 \pm 0,8$                          | 4,8                      | 0,980 |
|                                | Görbült háttal való állás (perc/óra)              | *                                    | *                                | $1,2 \pm 0,6$                    | $2,1 \pm 1,4$                          |                          |       |

\*=nem fordult elő az adott viselkedés ( $0.0 \pm 0.0$ ).

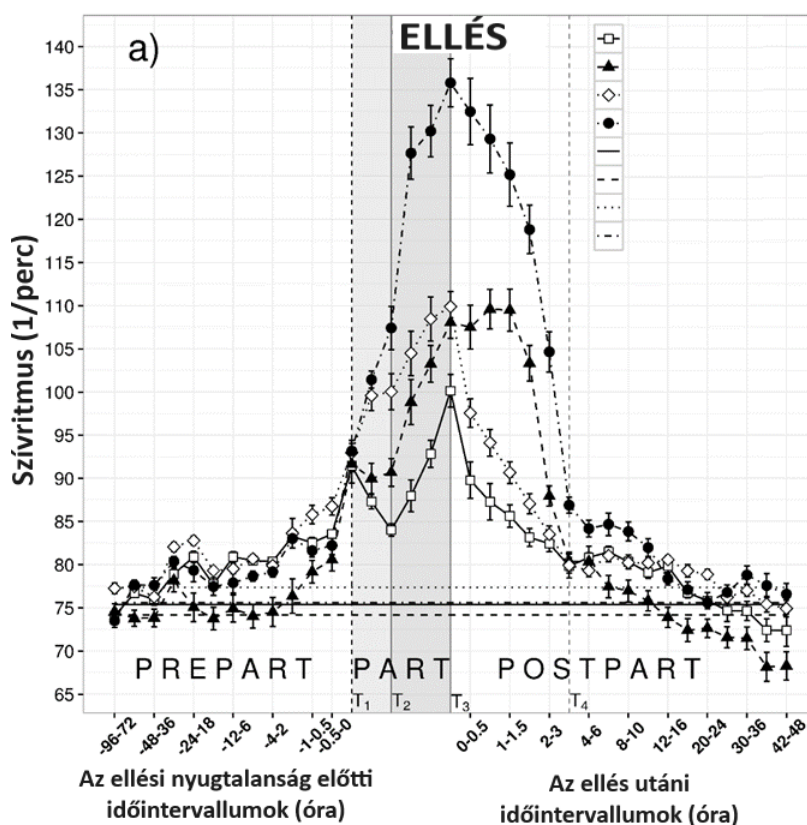
<sup>1</sup>A sorokban az eltérő felső indexszel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek egymástól ( $P < 0,05$ ).

**6. táblázat:** Az anyai viselkedés egyes elemeinek kifejeződésének időtartama és gyakorisága (átlag  $\pm$  SEM) a megszületést követő első két órában

| Viselkedési változók                                                | Vizsgálati csoportok                 |                                  |                                  |                                        | Statisztika <sup>1</sup> |            |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|--------------------------|------------|
|                                                                     | Segélynyújtás nélkül, elletőbokszbán | Segélynyújtás nélkül, csoportban | Segélynyújtással, elletőbokszbán | Korai segélynyújtással, elletőbokszbán | $F_{3,78}$               | $P$ -érték |
| A borjú fejének vagy testének nyalogatásáig eltelt idő (perc)       | $2,5 \pm 1,0^a$                      | $6,8 \pm 1,8^b$                  | $8,5 \pm 2,3^b$                  | $27,4 \pm 4,9^c$                       | 41,0                     | 0,002      |
| A borjú fejének vagy testének szaglászásáig eltelt idő (perc)       | $1,6 \pm 0,8^a$                      | $4,3 \pm 1,2^b$                  | $4,8 \pm 1,4^b$                  | $22,6 \pm 5,8^c$                       | 37,7                     | 0,003      |
| A borjú fejének vagy testének nyalogatásával töltött idő (perc/óra) | $52,8 \pm 2,5^a$                     | $40,3 \pm 6,6^b$                 | $38,7 \pm 5,4^b$                 | $15,1 \pm 3,5^c$                       | 36,2                     | 0,012      |
| A borjú fejének vagy testének szaglászásával töltött idő (perc/óra) | $5,6 \pm 1,4^a$                      | $3,3 \pm 0,6^b$                  | $2,8 \pm 0,4^{bc}$               | $2,0 \pm 0,5^c$                        | 22,4                     | 0,030      |

<sup>1</sup>A sorokban az eltérő felső indexszel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek egymástól ( $P < 0,05$ ).

A szívritmus már az ellési nyugtalanság kezdete előtt 4 órával nőtt (5. ábra), azonban csak a nyugtalanság megjelenésekor haladta meg a nyugalmi értéket (csoportos ellés:  $P=0,016$ , segélynyújtás nélküli ellés elletőbokszban:  $P=0,002$ , időszerű segélynyújtás melletti ellés:  $P=0,001$ , korai beavatkozással történő ellés:  $P<0,001$ ). A szívritmus a borjú megszületésének pillanatában érte el a maximumát, majd csökkent a frissen ellett csoportba való áthelyezésig, kivéve a segélynyújtás nélkül ellett tehenek csoportjában, ahol az ellés után még 1–1,5 óráig magasabb értékeket mértünk.



**5. ábra:** A szívritmus változásai az ellés körüli időszakban.

T1=az ellési nyugtalanság kezdete, T2=a szülészeti segélynyújtás megkezdése az érintett csoportokban, T3=a borjú megszületése, T4=a tehen elhelyezése az elletőistállóban. PREPART = ellés előtti időszak, PART = ellés, POSTPART = ellés utáni időszak. Az értékeket átlag  $\pm$  SEM formában adtuk meg.

A csoportok között nem volt különbség a szívritmus maximális értékében és a GAT-értékekben az ellés előtt (7. táblázat). Az ellés alatt a GAT hasonlóan alakult a segélynyújtás nélkül csoportban, illetve elletőbokszban, megfelelően időzített beavatkozással ellett teheneknél ( $P=0,875$ ), de magasabb volt, mint a segélynyújtás nélkül, elletőbokszban ellett állatoknál (sorrendben  $P=0,008$  és  $P=0,033$ ). A szívritmus GAT nagyobb volt az ellés alatt a korai beavatkozásban részesített teheneknél, mint a másik három csoportban ( $P<0,001$  mindegyik összehasonlítás esetén). Az ellés alatt a szívritmus maximális értéke a korai beavatkozásban részesített teheneknél nagyobb volt a többi csoporthoz képest ( $P<0,001$  mindegyik összehasonlításban). A szívritmus a beavatkozás nélkül, csoportban ellett tehenek esetében rövidebb idő alatt tért vissza az alapszintre mint a többi csoportban ( $P<0,001$  mindegyik összehasonlítás esetén).

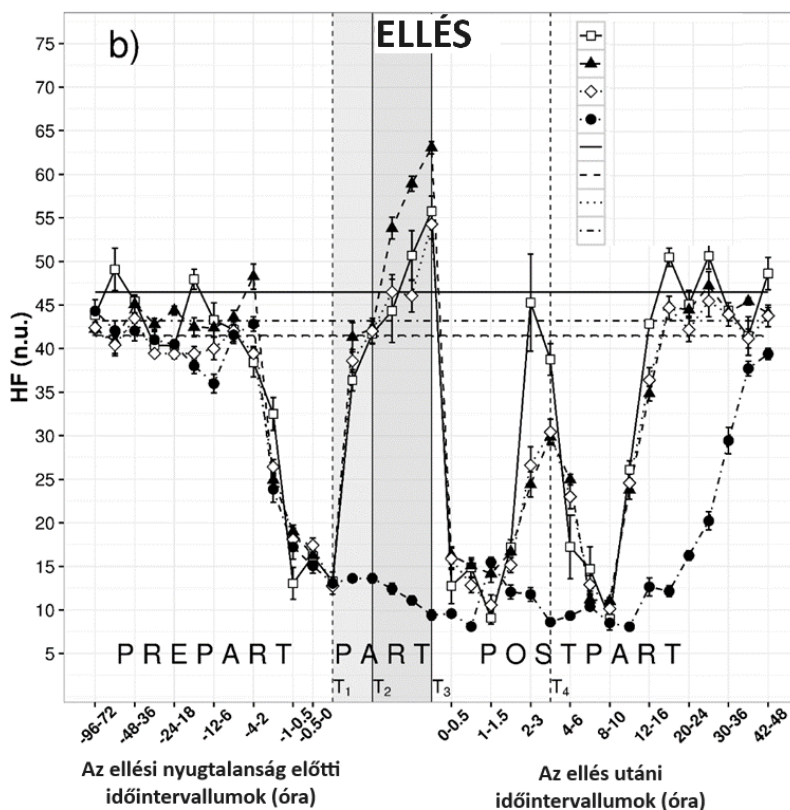
**7. táblázat:** Maximális szívritmus- és szívritmusgörbe alatti terület- (GAT) értékek (átlag  $\pm$  SEM) tejelő tehenek peripartális időszakának három szakaszában

| Szívritmus-mutatók                      | Vizsgálati csoportok          |                                     |                                  |                                 |                                       | Statisztika <sup>1</sup> |         |
|-----------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|---------|
|                                         | Mértékegység                  | Segélynyújtás nélkül, elletőboksban | Segélynyújtás nélkül, csoportban | Segélynyújtással, elletőboksban | Korai segélynyújtással, elletőboksban | $\chi^2$                 | P-érték |
| GAT <sub>PREPART</sub>                  | szívverés / perc $\times$ óra | 152,9 $\pm$ 12,4                    | 174,0 $\pm$ 18,3                 | 148,9 $\pm$ 20,1                | 182,9 $\pm$ 36,3                      | 5,87                     | 0,285   |
| Max <sub>PREPART</sub>                  | szívverés / perc              | 83,1 $\pm$ 1,2                      | 83,9 $\pm$ 0,5                   | 86,8 $\pm$ 1,5                  | 85,2 $\pm$ 1,9                        | 9,84                     | 0,750   |
| GAT <sub>PART</sub>                     | szívverés / perc $\times$ óra | 22,3 $\pm$ 1,4 <sup>a</sup>         | 13,1 $\pm$ 0,9 <sup>b</sup>      | 25,0 $\pm$ 2,1 <sup>a</sup>     | 39,6 $\pm$ 2,5 <sup>c</sup>           | 38,14                    | 0,002   |
| Max <sub>PART</sub>                     | szívverés / perc              | 108,3 $\pm$ 1,8 <sup>a</sup>        | 100,1 $\pm$ 1,9 <sup>b</sup>     | 113,9 $\pm$ 2,0 <sup>a</sup>    | 135,8 $\pm$ 2,7 <sup>c</sup>          | 42,89                    | 0,003   |
| GAT <sub>POSTPART</sub>                 | szívverés / perc $\times$ óra | 58,0 $\pm$ 14,2 <sup>a</sup>        | 65,2 $\pm$ 16,7 <sup>a</sup>     | 62,9 $\pm$ 12,1 <sup>a</sup>    | 269,1 $\pm$ 36,3 <sup>b</sup>         | 17,25                    | 0,006   |
| Max <sub>POSTPART</sub>                 | szívverés / perc              | 112,3 $\pm$ 2,3 <sup>a</sup>        | 92,2 $\pm$ 1,9 <sup>b</sup>      | 98,7 $\pm$ 1,6 <sup>b</sup>     | 134,6 $\pm$ 3,2 <sup>c</sup>          | 51,77                    | 0,001   |
| Nyugalmi értékhez való visszatérési idő | óra                           | 20,7 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>         | 22,9 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>      | 22,4 $\pm$ 0,5 <sup>b</sup>     | 24,7 $\pm$ 0,9 <sup>b</sup>           | 50,12                    | 0,008   |

<sup>1</sup>A sorokban az eltérő felső indexszel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek egymástól ( $P < 0,05$ ).

PREPART = ellés előtti időszak, PART = ellés, POSTPART = ellés utáni időszak.

Az ellési nyugtalanság előtti 96–2. óra között a HF nem mutatott számottevő változásokat egyik csoportban sem (6. ábra), azonban mindegyik csoportban a nyugalmi érték alá csökkent már az ellési nyugtalanságot megelőző 2–1 órás időszakban ( $P<0,01$  minden csoportban). Az ellési nyugtalanság kezdetével a HF nőtt minden csoportban az ellésig ( $P<0,001$  minden csoportban), a korai segélynyújtás mellett ellő tehenek csoportjában azonban tovább csökkent és a nyugalmi érték alatt maradt az ellés után 48 óráig. Az ellés után a HF szignifikánsan csökkent ( $P<0,001$ ), majd egy “csúcsot” követően (az állatok áthelyezése az elletőkarámba) az ellést követő 8–10 órát követően hirtelen nőtt, kivéve a korai beavatkozás mellett ellő tehenek csoportjában.



**6. ábra:** A HF normálértékeinek változásai az ellés körüli időszakban

T1=az ellési nyugtalanság kezdete, T2=a szülészeti segélynyújtás megkezdése az érintett csoportokban, T3=a borjú megszületése, T4=a tehen elhelyezése az elletőistállóban. PREPART = ellés előtti időszak, PART = ellés, POSTPART = ellés utáni időszak. Az értékeket átlag  $\pm$  SEM formában adtuk meg.

Az ellési nyugtalanság előtt nem volt különbség a csoportok között a HF minimum- és GAT-értékeiben (8. táblázat). A HF GAT nagyobb volt a csoportban, segélynyújtás nélkül ellett teheneknél az elletőbokszaiban ellett tehenekhez képest ( $P=0,011$ ). A HF GAT és minimum kisebb volt a korai segélynyújtásban részesült tehenekben a többi csoporthoz képest az ellés alatt ( $P<0,001$  mindegyik összehasonlítás és mindkét paraméter esetén). A HF a legkisebb értékét a korai segélynyújtásban részesült tehenekben vette fel az ellést követően ( $P<0,001$  mindegyik összehasonlítás esetén). A szívritmushoz hasonlóan a HF is rövidebb idő alatt érte el a nyugalmi értéket azokban a tehenekben, amelyek segélynyújtás nélkül, illetve megfelelően időzített beavatkozással ellettek a korai beavatkozással ellett tehenekhez képest ( $P<0,001$  mindegyik összehasonlítás esetén).

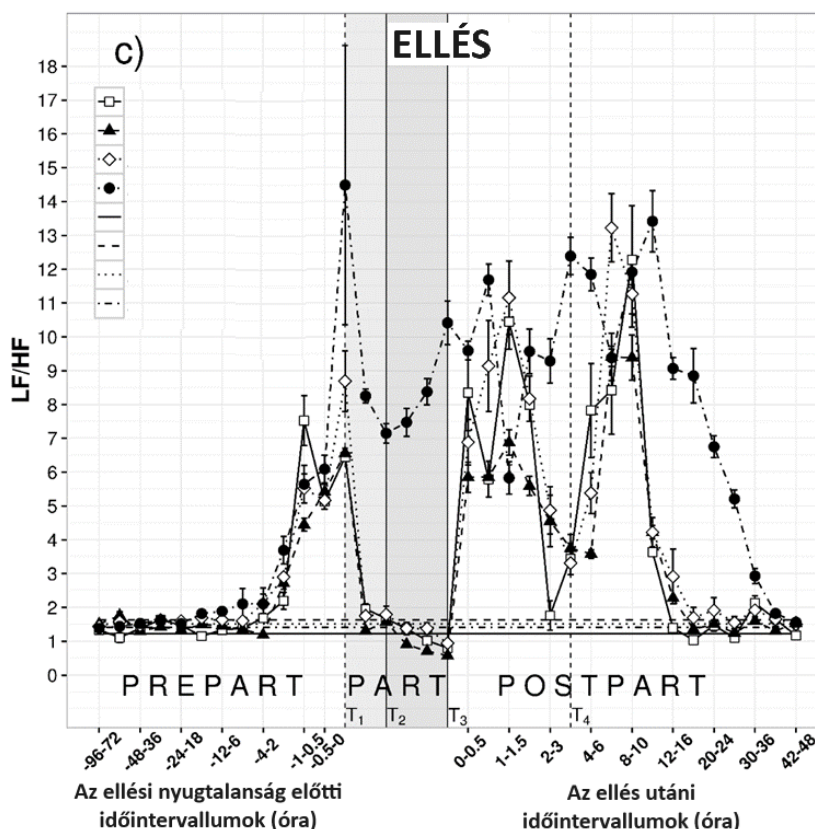
**8. táblázat:** A HF normálértékeinek (n.u.) minimumai és görbe alatti terület (GAT) értékei (átlag  $\pm$  SEM) az ellés körüli időszak három szakaszában

| HF-mutatók                              | Vizsgálati csoportok |                                      |                                  |                                  |                                        | Statisztika <sup>1</sup> |         |
|-----------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|--------------------------|---------|
|                                         | Mértékegység         | Segélynyújtás nélkül, elletőboksiban | Segélynyújtás nélkül, csoportban | Segélynyújtással, elletőboksiban | Korai segélynyújtással, elletőboksiban | $\chi^2$                 | P-érték |
| GAT <sub>PREPART</sub>                  | n.u. $\times$ óra    | $-134,4 \pm 36,1$                    | $-182,5 \pm 17,8$                | $-153,8 \pm 16,2$                | $-195,2 \pm 37,8$                      | 18,24                    | 0,925   |
| Min <sub>PREPART</sub>                  | n.u.                 | $14,8 \pm 0,3$                       | $11,4 \pm 0,7$                   | $14,5 \pm 0,6$                   | $13,6 \pm 0,8$                         | 4,77                     | 0,450   |
| GAT <sub>PART</sub>                     | n.u. $\times$ óra    | $4,1 \pm 1,1^a$                      | $2,7 \pm 0,4^b$                  | $3,2 \pm 1,2^{ab}$               | $-30,5 \pm 1,6^c$                      | 56,63                    | 0,001   |
| Min <sub>PART</sub>                     | n.u.                 | $13,2 \pm 0,3^a$                     | $13,3 \pm 0,1^a$                 | $12,6 \pm 0,9^a$                 | $7,4 \pm 0,7^b$                        | 31,44                    | 0,007   |
| GAT <sub>POSTPART</sub>                 | n.u. $\times$ óra    | $-163,4 \pm 35,6^a$                  | $-232,1 \pm 42,0^b$              | $-331,4 \pm 56,2^b$              | $-1\,025,6 \pm 44,2^c$                 | 49,89                    | 0,008   |
| Min <sub>POSTPART</sub>                 | n.u.                 | $9,2 \pm 0,3^a$                      | $8,2 \pm 0,6^a$                  | $8,0 \pm 0,5^a$                  | $6,8 \pm 0,3^b$                        | 13,39                    | 0,004   |
| Nyugalmi értékhez való visszatérési idő | óra                  | $30,4 \pm 0,5^a$                     | $29,8 \pm 0,4^a$                 | $30,1 \pm 0,5^a$                 | $44,1 \pm 0,6^b$                       | 27,34                    | 0,005   |

<sup>1</sup>A sorokban az eltérő felső indexszel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek egymástól ( $P < 0,05$ ).

PREPART = ellés előtti időszak, PART = ellés, POSTPART = ellés utáni időszak.

A szimpatikus idegrendszeri aktivitást jelző LF/HF-paraméter mindegyik csoportban hirtelen nőtt, meghaladva az alapszintet már az ellési nyugtalanságot megelőző két órában [csoportban való ellés:  $P=0,002$ , segélynyújtás nélküli ellés elletőbokszban:  $P=0,014$ , megfelelően ( $P=0,001$ ), illetve a megengedettnél korábban időzített elletés ( $P=0,012$ )] (7. ábra). Az ellés alatt az LF/HF a javasoltnál korábban megkezdett segélynyújtással ellet csoportot kivéve valamennyi csoportban az alapértékek alá csökkent egészen a borjú megszületéséig, míg a korai segélynyújtással ellett állatokban az ellési nyugtalanságot követő csökkenés után fokozatos emelkedés következett be a borjú megszületéséig. A borjú megszületését követően az LF/HF mindegyik csoportban meghaladta a nyugalmi értéket, majd tovább nőtt, amikor az állatokat áthelyezték a frissen ellettek csoportjába. Ezt követően 6 óráan belül visszaállt az alapértékre, kivéve a korai segélynyújtásban részesített teheneket, ahol ez az ellést követő 36. óra körül következett be.



**7. ábra:** Az LF/HF mutató változásai az ellés körüli időszakban

T1=az ellési nyugtalanság kezdete, T2=a szülészeti segélynyújtás megkezdése az érintett csoportokban, T3=a borjú megszületése, T4=a tehen elhelyezése az elletőistállóban. PREPART = ellés előtti időszak, PART = ellés, POSTPART = ellés utáni időszak. Az értékeket átlag  $\pm$  SEM formában adtuk meg.

Az ellési nyugtalanság előtt az LF/HF maximum- és GAT-értéke alapján nem volt különbség az egyes csoportok szimpatikus aktivitásában (9. táblázat). Az ellés után az LF/HF GAT hasonló volt a segélynyújtás nélkül elletőbokszban és a megfelelően időzített segélynyújtás mellett ellő teheneknél ( $P=0,772$ ), míg a csoportban ellett állatoknál ezeknél kisebb volt (sorrendben  $P=0,004$  és  $P=0,009$ ). Az LF/HF GAT nagyobb volt a javasoltnál korábban megkezdett segélynyújtással ellett tehenekben a többi csoporthoz képest az ellés alatt ( $P<0,001$  mindegyik összehasonlítás esetén, 9. táblázat).

Sem az LF/HF maximumában, sem az LF/HF GAT-értékekben nem volt különbség az ellés alatt a segélynyújtás nélkül, illetve megfelelően időzített beavatkozással ellett tehenek csoportjai között ( $P=1,000$  mindegyik összehasonlításban, mindkét parameter esetén), azonban a korai beavatkozásban részesített tehenek csoportjában az előzőeknél nagyobb volt mindkét mutató értéke ( $P<0,001$  mindegyik összehasonlításban, mindkét parameter esetén). Ugyanilyen különbségek voltak megfigyelhetők az ellés utáni első 48 órában ( $P<0,001$  mindkét parameter és mindegyik mindegyik összehasonlítás esetén). A segélynyújtás nélkül, illetve megfelelően időzített beavatkozással ellett tehenek csoportjaiban hasonló idő alatt állt vissza az LF/HF a nyugalmi értékre ( $P=1,000$  mindegyik összehasonlítás esetén), rövidebb idő alatt, mint a megengedettnél korábban megkezdett segélynyújtással ellett tehenek csoportjában ( $P<0,001$  mindegyik összehasonlítás esetén).

#### 2.2.2.4. Megbeszélés

Vizsgálatunkban, a halvaszületések aránya nagyobb volt a segélynyújtással ellett állatoknál, hasonlóan Schuenemann és munkatársai (2011) eredményeihez. Az a tény, hogy a segélynyújtás nélkül, csoportban ellett teheneknél halvaszületés nem fordult elő, aláhúzza a csoportos elletés pozitív hatását a borjak túlélésére.

A segélynyújtás nélkül, csoportban született, illetve megfelelően időzített beavatkozással világra segített 140 borjú mind életképes volt a megszületéskor – átlagos vitalitáspontszámaik beleestek az újszülött borjakra jellemző normál tartományba (Szenci, 1982), míg a korai segélynyújtás mellett született borjak életképessége gyengébb volt. Ezzel egybehangzóan a segélynyújtással született borjak kevésbé életerősek, mint a spontán születettek (Barrier et al., 2012; Vannucchi et al., 2015a).

A korábbi tanulmányok nem vizsgálták az ellési segélynyújtás időzítésének (vagy egyáltalán a segélynyújtásnak) hatását a tehén ellés utáni egészségére. A magzatburok-visszatartás fokozott kockázatát csak nehézzellésekkel kapcsolatban igazolták (Lombard et al., 2003; Opsomer és de Kruif, 2009). Vizsgálatunkban gyakoribb volt a magzatburok-visszatartás és a lágyszülőút sérülése a segélynyújtással ellett teheneknél a csoportban, illetve elletőbokszban spontán ellett tehenekkel összehasonlítva. Mindkét egészségügyi probléma előfordulása gyakori volt a javasoltnál korábban megkezdett beavatkozás mellett ellő tehenek csoportjában, ami alátámasztja, hogy a túl korai segélynyújtás sérüléseket okozhat a lágyszülőútban (Mee, 2004; Schuenemann et al., 2011). Fontos megjegyezni, hogy a csoportban, spontán ellett teheneknél nem voltak sem péra-, sem hüvelysérülések és csak négy esetben fordult elő magzatburok-visszatartás, ami kevesebb volt, mint az egyedi bokszban segélynyújtás nélkül ellett állatoknál.

Az egyik legfontosabb megállapításunk, hogy az elléssel kapcsolatos stressz és a korai anyai viselkedés szempontjából előnyösebb a csoportos elletés. Bár egyes adatok szerint féltermészetes körülmények között a tehenek az ellés idejére inkább elkülönülnek (Lidfors et al., 1994), vizsgálatunkban a HRV szimpatikus és paraszimpatikus jellegére utaló GAT-, illetve minimum- és maximum-értékek arra utaltak, hogy a csoportos elletés előnyösen hat az anyaállat vegetatív idegrendszeri működésére az ellés alatt és a korai ellés utáni időszakban. A csoportban, spontán ellett teheneknél kisebb intenzitású és rövidebb tartamú szimpatikus idegrendszeri aktivációt találtunk, mint az elletőbokszban ellett teheneknél, ez alapján a csoportos elletés kisebb mértékű stresszt okoz a tehenek számára, mintha elkülönítik azokat, akár van szükségük segélynyújtásra, akár nincs. Egy korábbi vizsgálat szerint a gondozók jelenléte a méhnyak hiányos feltágulásához vezethet és nagyobb stresszt jelent az anyaállat számára (Dufty, 1981), ez is közrejátszhatott a felügyelet alatt és segélynyújtással ellett tehenek HRV-értékeinek alakulásában.

**9. táblázat:** Az LF/HF maximum- és görbe alatti terület- (GAT) értékei (átlag  $\pm$  SEM) az ellés körüli időszak három szakaszában

| LF/HF-mutatók                           | Vizsgálati csoport |                                      |                                  |                                  |                                        | Statisztika <sup>1</sup> |         |
|-----------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|--------------------------|---------|
|                                         | Mértékegység       | Segélynyújtás nélkül, elletőbokszbán | Segélynyújtás nélkül, csoportban | Segélynyújtással, elletőbokszbán | Korai segélynyújtással, elletőbokszbán | $\chi^2$                 | P-érték |
| GAT <sub>PREPART</sub>                  | óra                | 14,7 $\pm$ 0,9                       | 16,2 $\pm$ 0,7                   | 15,2 $\pm$ 1,8                   | 21,6 $\pm$ 4,6                         | 38,79                    | 0,765   |
| MaX <sub>PREPART</sub>                  |                    | 5,9 $\pm$ 0,3                        | 7,4 $\pm$ 0,4                    | 6,6 $\pm$ 0,3                    | 7,4 $\pm$ 0,5                          | 6,308                    | 0,895   |
| GAT <sub>PART</sub>                     | óra                | 0,13 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>         | 0,58 $\pm$ 0,13 <sup>b</sup>     | 0,50 $\pm$ 0,17 <sup>b</sup>     | 6,92 $\pm$ 1,34 <sup>c</sup>           | 60,64                    | 0,005   |
| MaX <sub>PART</sub>                     |                    | 6,6 $\pm$ 0,8 <sup>a</sup>           | 6,4 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>       | 8,9 $\pm$ 1,1 <sup>a</sup>       | 19,1 $\pm$ 3,6 <sup>b</sup>            | 36,31                    | 0,006   |
| GAT <sub>POSTPART</sub>                 | óra                | 50,7 $\pm$ 6,0 <sup>a</sup>          | 79,3 $\pm$ 13,5 <sup>a</sup>     | 87,3 $\pm$ 12,3 <sup>a</sup>     | 235,4 $\pm$ 22,4 <sup>b</sup>          | 48,78                    | 0,001   |
| MaX <sub>POSTPART</sub>                 |                    | 10,7 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>          | 13,9 $\pm$ 1,3 <sup>b</sup>      | 16,1 $\pm$ 1,4 <sup>b</sup>      | 15,7 $\pm$ 1,6 <sup>b</sup>            | 22,73                    | 0,005   |
| Nyugalmi értékhez való visszatérési idő | óra                | 30,7 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>          | 30,0 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>      | 30,4 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>      | 38,4 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>            | 33,11                    | 0,003   |

<sup>1</sup>A sorokban az eltérő felső indexszel jelölt átlagok szignifikánsan különböznek egymástól ( $P < 0,05$ ).

PREPART = ellés előtti időszak, PART = ellés, POSTPART = ellés utáni időszak.

Az optimálisnál korábban végzett segélynyújtással ellett teheneknél szélsőségesen alacsony volt a vágusz tónus és fokozott szimpatikus aktivációt figyeltünk meg az ellés alatt. A többi csoportban, összhangban a 2.2.1.3. fejezetben leírt eredményekkel, a vágusz tónus aktivitása fokozatosan nőtt az ellési nyugtalanság első jeleit követően. Korábbi eredmények szoros kapcsolatot igazoltak emberekben a fokozott vágusz tónus és az oxitocinszekréció között (Uvnäs-Moberg és Petersson, 2005), ezért az ellés alatti csökkent vágusz-aktivitás valószínűleg a szülőút túl korai megnyílásának következménye lehet a korai segélynyújtásban részesült teheneknél, ami intenzívebb stresszreakciót váltott ki és gátolta az oxitocin-felszabadulást az ellés során.

Az ellés alatti magasabb vágusz tónus és kisebb szimpatikus aktivitás ellenére a csoportban, spontán ellett tehenek gyakrabban jeleztek fájdalmat az ellési nyugtalanság és a borjú megszületése között az elletőbokszban ellett társakhoz képest, függetlenül utóbbiak szülészeti státuszától. Ennek a hátterében az állhat, hogy a tehenek az elletőbokszban folyamatos gondozói felügyelet alatt álltak. Stafford és Mellor (2010) szerint a tehenek hajlamosabbak nem mutatni a fájdalmat, ha látják, hogy a gondozók figyelik őket.

Vizsgálatunkban a szimpatikus-paraszimpatikus egyensúly szimpatikus irányú jelentős eltolódását és csökkent vágusz tónust tapasztaltunk minden csoportnál az ellés utáni időszakban, amelyet a vágusz tónus növekedése követett, kivéve a korai segélynyújtással ellett tehenekben, amelyekben a szimpatikus tónus dominanciája volt jellemző az ellés utáni 20–24 órában. Az ezekben az állatokban tapasztalt lassúbb vegetatív idegrendszeri kompenzáció alátámaszt egy korábbi megállapítást, amely szerint a nehézellés az ellést követő 24 órában kifejezett fájdalommal jár (Kolkman et al., 2010). Az elletőbokszban optimális időben megkezdett segélynyújtás mellett, illetve spontán ellett tehenek hasonló mértékű ellést követő szimpatikus és paraszimpatikus aktivitása arra utal, hogy a megfelelő időben végzett szülészeti beavatkozás nem hat érdemben az állatok ellés utáni stressz szintjére.

Annak ellenére, hogy a vegetatív idegrendszeri aktivitás a csoportban, spontán ellett teheneknél mutatta a legalacsonyabb stressz-szintet az ellés utáni időszakban, a szívritmus emelkedett maradt ezeknél az állatoknál az ellés utáni 1–1,5 órában. Ezeknek az elléseknek a 80%-ában megfigyelhető volt, hogy a csoportban lévő más tehenek szaglásszák és nyalogatják az újszülöttet, amit más szerzők is leírtak (Lidfors et al., 1994; Owens et al., 1985). Ezekben az esetekben az anyaállatok legtöbbször agresszívan viselkedtek, elhajtották az idegen teheneket, bár ez nem tükröződött a szimpatikus aktivitásuk emelkedésében.

Az ellés utáni két órában ritkán fordult elő fájdalmat jelző viselkedés, függetlenül az ellés nehézségétől. Korábbi megfigyelésekkel megegyezően a jelen vizsgálatban sem találtunk különbséget a fájdalom viselkedésbeli kifejeződésében a spontán és a segélynyújtással ellett tehenek között (Barrier et al., 2012), valószínűleg azért, mert az újszülött, vagy a folyamatos emberi jelenlét miatti izgalom elfedte a fájdalomra utaló viselkedés kifejeződését az ellés után. Korábbi, más állatfajokon végzett megfigyeléseinkhez hasonlóan (Dwyer et al., 2002; Fisher és Mellor, 2002) azonban jelentős különbséget találtunk a korai anyai viselkedésben a spontán és a segélynyújtással ellett tehenek között. A csoportban, emberi beavatkozás nélkül ellett tehenek hamarabb kezdték meg a borjak felnyalását, ami arra enged következtetni, hogy a felnyalás tekintetében a csoportos elletés előnyösebb az egyedi bokszos elletésnél. Nem befolyásolta kedvezőtlenül az optimális időben szülészeti segélynyújtásban részesített tehenek anya-borjú interakcióját a külső beavatkozás azokhoz az ellésekhez képest, amelyek spontán mentek végbe. A túl korán végzett szülészeti beavatkozással ellett teheneknél valószínűleg a fájdalom gátolta a korai anyai viselkedés kifejeződését, ezért telt el hosszabb idő a borjú felnyalásáig és töltött kevesebb időt a borjával az anyaállat.

## 2.2.3. A nehézellés hatása a kérődzési időre, a recés-bendő pH-ra és hőmérsékletre

### 2.2.3.1. Célkitűzések

A vizsgálat fő célja az volt, hogy felmérjük a kérődzési idő és a recés-bendő hőmérséklet változásának alkalmazhatóságát a nehézellés előrejelzésében, illetve meghatározzuk, hogy ezek a paraméterek mennyiben különböznek a korai postpartum időszakban nehézelléssel és normál elléssel ellett teheneknél. Vizsgáltuk a recés-bendő pH alakulását is az ellés körüli időszakban.

### 2.2.3.2. Anyag és módszer

#### *A vizsgált állatok, elhelyezésük és takarmányozásuk*

A vizsgálat helyszíne és az állatok tartásmódja megegyezett a 2.2.1.2. fejezetben leírtakkal. A telepet a hőstressz bendőparaméterekre kifejtett hatásainak kizárása érdekében ősszel látogattuk 2015. október 10. és november 6 között.

Huszonhárom állatnál monitoroztuk a kérődzéssel töltött időt, a recés-bendő pH-értékét és hőmérsékletét. A heveny vagy idült megbetegedésben (pl. szubklinikai vagy klinikai tüdőgyulladás, klinikai sántaság) szenvedő állatokat nem vontuk be a vizsgálatba. A vizsgálat közben kizártuk az ellés utáni egészségügyi problémákkal, vagy az ellés miatti sérülésekkel (pl. klinikai hypocalcaemia, magzatburok-visszatartás, hüvely/péra sérülése) rendelkező teheneket ( $n=3$ ). Két állat a vártnál korábban ellett meg, ezeket is ki kellett zárni, mivel az ellés előtti megfigyelési időszak túl rövid volt az esetükben a megfelelő adatelemzéshez. Így végül kilenc üsző és kilenc többször ellett tehén vett részt a vizsgálatban [átlag  $\pm$  SD (szélsőértékek); életkor= $5,8 \pm 1,9$  (4,1–7,2); ellésszám= $2,7 \pm 1,4$  (0–4); kondíciópontszám= $3,2 \pm 0,2$  (2,9–3,5)].

#### *Kérődzéssel töltött idő*

A kérődzéssel töltött időt folyamatosan rögzítettük az ellés előtti 3. naptól a laktáció 7. napjáig a Ruminact akusztikus biotelemetriás rendszer segítségével (SCR Engineers Ltd., Netanya, Izrael), amelyet tejhasznú tehenek kérődzési aktivitásának mérésére validáltak (Schirmann et al., 2009). A kérődzést érzékelő nyakörveket átlagosan ( $\pm$  SD)  $10,4 \pm 2,0$  nappal a várható ellés előtt helyeztük fel a tehenekre (szélsőértékek: 8,2 és 13,1 nap). Az adatokat infravörös kommunikációval töltöttük le az istállóban az itató, illetve a fejőházban annak bejárata fölött rögzített antennák segítségével. Az adatokat a HT2 Batch Tool programba (SCR Engineers Ltd., Netanya, Izrael) töltöttük. A nyers adatokból állapítottuk meg az egyes kérődzési periódusok hosszát és az egymást követő kérődzési periódusok közötti szüneteket. A kérődzéssel töltött időt 4 órás intervallumokra számítottuk ki és összesítettük minden állat esetében.

#### *A recés-bendő pH-értéke és hőmérséklete*

A recés-bendő pH-értékének és hőmérsékletének monitorozására bendőbólushozokat (SmaXtec animal care GmbH, Graz, Ausztria) használtunk. Az adatrögzítés az ellés előtti 3. naptól a laktáció 7. napjáig tartott. A pH-érzékelőket pH 4-es és pH 7-es pufferoldatban kalibráltuk, majd ezt követően helyeztük be a bólushozokat (méret:  $132 \times 35$  mm) a bendőbe egy speciális applikátor segítségével. A recés-bendő pH- és hőmérséklet-értékeit 10 percenként rögzítettük, és a tárolt adatokat 433 Hz-es

ISM sávon továbbítottuk egy külső vevőre. Az adatokat naponta egyszer olvastuk le minden állatnál egy mobil leolvasó segítségével, a délutáni fejés alkalmával. Humer és munkatársai (2015) ajánlása alapján az 5,8-as pH-értéket határoztuk meg a félheveny bendőacidózis (sub-acute rumen acidosis, SARA) küszöbeként és kiszámítottuk, hogy az állatok mennyi időt töltöttek 5,8-as pH alatt az ellést követő első 168 órában.

### *A vizsgálati csoportok*

Normál ellésnek (eutocia, EUT) tekintettük a segélynyújtás nélkül, vagy egy ember általi kismértékű húzatással történő szülészeti segélynyújtással történő elléseket (Mee et al., 2011). Kismértékű segélynyújtásra, ahol a segélynyújtás rövid, a húzás pedig enyhe volt, és a tehén valószínűleg enélkül is megellett volna, két esetben került sor. Mee (2004) definíciója alapján nehézellésnek (dystocia, DYS) tekintettük, ha a spontán ellés elhúzódott (>2 óra telt el a lábvégek megjelenése és a megszületés között), vagy számottevő erejű segélynyújtásra volt szükség két, vagy annál több ember által végzett megengedett erejű húzatással (elletőkötél vagy elletőkészülék segítségével). A nehézellés diagnózisát az ellés második szakaszának időtartama alapján állítottuk fel (amelynek kezdetét a magzatburok felrepedésétől számítottuk).

### *Statisztikai elemzés*

A statisztikai számításokat az R–3.0.2 statisztikai környezetben végeztük (R Core Team, 2013). Mivel a recés-bendő hőmérsékletének mintázatát jelentős mértékben befolyásolja a vízivás (Gasteiner et al., 2012), Costa és munkatársai (2016) ajánlása alapján csak a 37,7°C fölötti hőmérséklet-értékeket vettük figyelembe. Huszonnégy, 10 perces rögzítési időszak átlagát használtuk a recés-bendő pH-értékének megállapításához az egyes négyórás időszakokban.

A varianciák egyezőségét Levene-teszttel, a normál eloszlást Shapiro–Wilk-teszttel értékeltük. A kérődzési idő, a recés-bendő pH és a hőmérséklet változását ANOVA-val értékeltük a EUT és DYS csoportokban, külön-külön. Az élettani mutatók statisztikai különbségeit az egyes mérési időpontok között Tukey post-hoc tesztjével számítottuk ( $P < 0,05$ ). Az EUT és DYS csoportokban a kérődzési idő, a recés-bendő pH- és hőmérséklet-értékeit GAT-elemzéssel számítottuk, csökkentve ezzel a csoportok közötti ismételt statisztikai összehasonlítások számát, amely esetünkben 61 lett volna az ellés előtti és az azt követő időszakot is beleszámítva.

Az alapértékhez való visszatéréshez szükséges időt (a borjú megszületése után mennyi idő telt el az alapérték eléréséig) szintén kiszámoltuk minden paraméter esetén az alapértékhez képest 5%-os küszöbértékkel számolva. A GAT meghatározásához trapéz módszert alkalmaztunk (Lay et al., 1996), az alábbiak szerint:

$$GAT = \Sigma[(R_n + R_{n+1})/2 \times h - \text{ALAPÉRTÉK}],$$

ahol az „R” a bendőparaméter értéke az adott időpontban, „h” a két R-érték között eltelt idő órában megadva, és az „alapérték” az adott paraméter első négy mérési pontban (–72, –68, –64 és –60 óra) mért átlaga. A paramétereket az ellés előtti időszakra (az ellés előtti 72. órától a megszületésig) és az ellés utáni 168 órás időszakra számítottuk ki. Az alapértékeket, az GAT értékét, a visszatérési időt és az első hét során a recés-bendő pH-jának 5,8 alatti napi időtartamát a Welch-féle kétmintás t-teszttel hasonlítottuk össze a csoportok között ( $P < 0,05$ ). A GAT abszolútértékét használtuk az elemzés során.

### 2.2.3.3. Eredmények

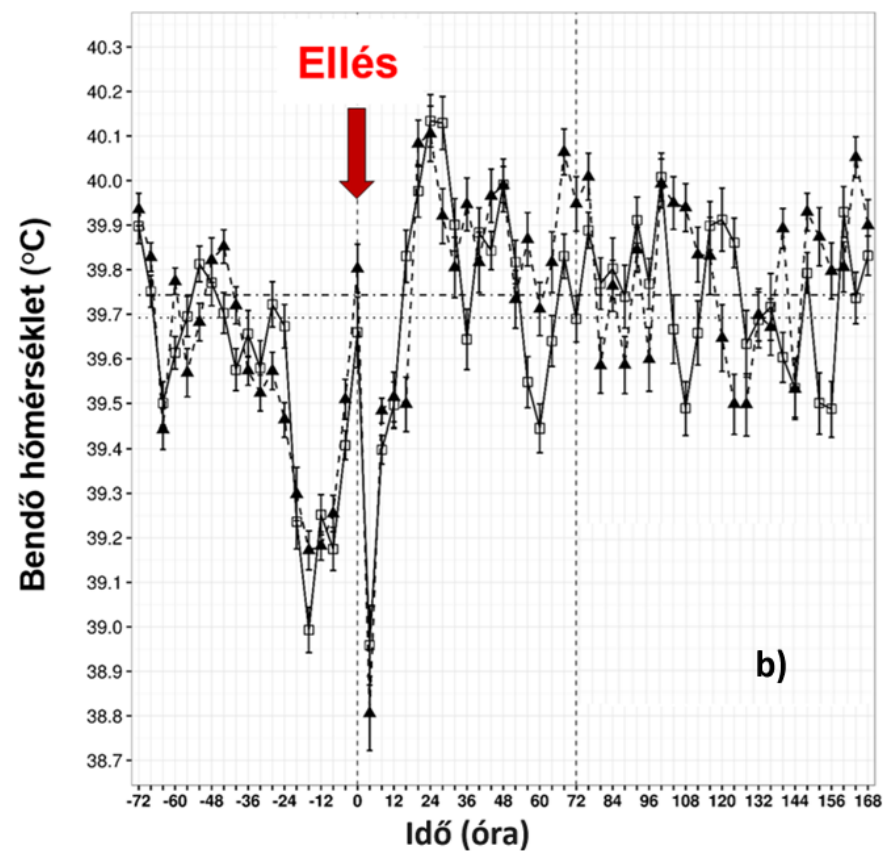
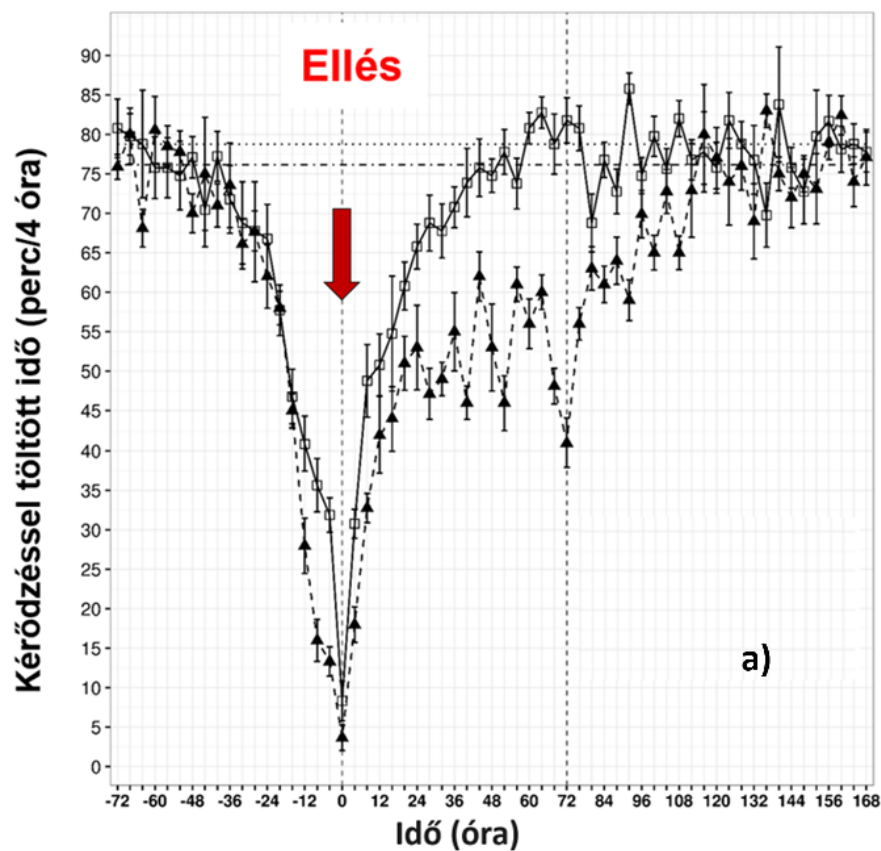
Tíz ellést soroltunk az EUT csoportba (4 üszőborjú, 6 bikaborjú), és nyolcat a DYS csoportba (4 üszőborjú, 4 bikaborjú). A kilenc többször ellett tehénből négynél alakult ki nehézellés, a kilenc üszőből ötnek volt nehézellése. A nehézellések között két esetben elhúzódó spontán ellés, hat esetben megengedett erejű segélynyújtás fordult elő. A vizsgált állatoknál császármetszés nem fordult elő.

A kérődzéssel töltött idő, a recés-bendő hőmérséklet és pH változását a két csoportban a 8–9. ábrákon mutatjuk be. A kérődzéssel töltött idő az ellés előtt 28 órával kezdett csökkenni az alapértékhez képest mind az EUT, mind a DYS csoportokban ( $P=0,023$  és  $P=0,017$ , sorrendben). Az ellés előtti 20. órától tovább csökkent  $32,4 \pm 2,3$  és  $13,2 \pm 2,0$  perc/4 órára az ellés előtti 8. és 4. óra közötti időszakra az EUT és a DYS tehenekben, sorrendben (8/a ábra), majd tovább csökkent 10 és 5 perc közé az ellés előtti 4 órára ( $P=0,003$  és  $P=0,008$ , sorrendben). Mindkét csoportban megfigyelhető volt a kérődzéssel töltött idő gyors növekedése az ellés utáni 12 órában. Az ellés utáni 12. órára a kérődzési idő elérte a  $42,6 \pm 2,7$  és  $51,0 \pm 3,1$  perc/4 óra értéket a DYS és az EUT tehenekben, sorrendben. Ezt követően a kérődzéssel töltött idő folyamatosan nőtt az EUT tehenekben és 40 órával az ellés után elérte az alapértéket, a DYS tehenekben azonban a növekedés lassabb volt.

Nem volt különbség a csoportok között a kérődzési idő alapértékében és a kérődzéssel töltött idő GAT-értékében az ellés előtti időszakban. A kérődzéssel töltött idő GAT-értéke az ellés utáni időszakban nagyobb volt a DYS teheneknél az EUT tehenekhez képest, és a DYS teheneknél hosszabb idő alatt tért vissza a kérődzési idő az alapértékre (10. táblázat).

A DYS tehenekben a recés-bendő-hőmérséklet  $0,23 \pm 0,02^{\circ}\text{C}$ -kal ( $P=0,012$ ) csökkent az alapérték alá 32 órával az ellés előtt, míg az EUT teheneknél jelentősebb csökkenést figyeltünk meg ( $0,48 \pm 0,05^{\circ}\text{C}$ ,  $P<0,01$ ), de csak 20 órával az ellés előtt (8/b ábra). Legalacsonyabb értékét az EUT és a DYS tehenekben 16 órával az ellés előtt érte el ( $38,9 \pm 0,08$  és  $39,17 \pm 0,05^{\circ}\text{C}$ , sorrendben), majd fokozatosan emelkedett a megszületés időpontjáig mindkét csoportban. Az ellés utáni 4 órában az átlagos recés-bendő-hőmérséklet  $39,68 \pm 0,09^{\circ}\text{C}$ -ról  $38,96 \pm 0,10^{\circ}\text{C}$ -ra, illetve  $39,80 \pm 0,06^{\circ}\text{C}$ -ról  $38,81 \pm 0,08^{\circ}\text{C}$ -ra csökkent az EUT és a DYS teheneknél, sorrendben ( $P<0,01$  mindkét csoportnál). Mindkét csoportban az ellés után 24 órával érte el a maximális értékét, majd elenyésző különbségeket mutatva a csoportok között visszatért az alapszintre.

A recés-bendő-hőmérséklet alapértékeiben nem volt különbség a csoportok között. Bár az ellés előtti időszakra számított recés-bendő-hőmérséklet GAT-értéke magasabb volt az EUT, mint a DYS tehenekben, az ellés utáni időszakra számított GAT-értékekben és az alapértékhez való visszatérésben nem volt különbség a csoportok között (10. táblázat).

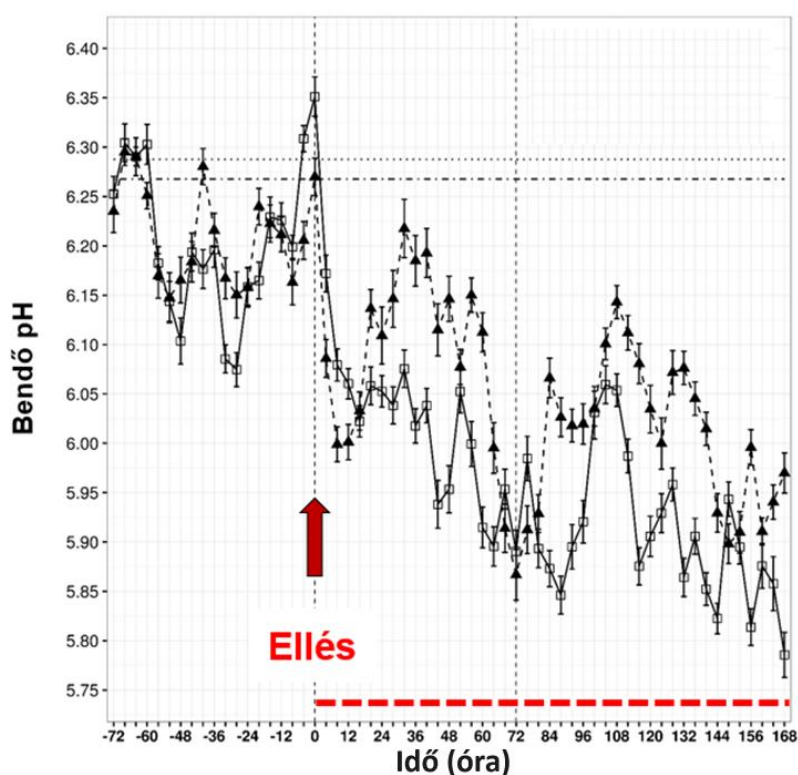


**8. ábra:** Kérődzési idő (a) és recés-bendő-hőmérséklet (b) normál ( $\square$ ,  $n=10$ ) és nehéz ellésű ( $\blacktriangle$ ,  $n=8$ ) tejelő teheneekben az ellés körüli időszakban.

A „0” az ellés előtti utolsó 4 órát jelenti, a szaggatott függőleges vonal pedig a tehének friss laktációs csoportba való bejerülésének idejét. Az értékeket átlag  $\pm$  SEM formában adtuk meg.

A recés-bendő pH-értéke hasonló mintázatot mutatott mindkét csoportban a teljes vizsgált időszakban (9. ábra). Az ellés előtt 56 órával kezdett csökkenni az alapértékhez képest mind az EUT, mind a DYS teheneknél ( $P=0,012$  és  $P=0,016$ , sorrendben), majd pH 6,07 és 6,35 között változott az ellésig, ezt követően pedig gyorsan csökkent az ellést követő első 16 órában. A vizsgálati időszak fennmaradó részében a recés-bendő pH-értéke nagyobb volt a DYS teheneknél, mint az EUT teheneknél, és a DYS teheneknél szignifikáns csökkenés volt tapasztalható a frissen ellett csoportba való áthelyezés időpontjában ( $P=0,003$  az alapértékhez képest).

Az EUT tehenekben a DYS tehenekhez képest hosszabb ideig volt a recés-bendő pH 5,8 alatt ( $P=0,032$ ) a laktáció első 7 napjában, de nem találtunk különbséget a recés-bendő pH GAT-értékében az ellés előtt az EUT és a DYS tehenek között az ellést követően (10. táblázat). Bár a recés-bendő pH nem csökkent a kritikus 5,5 alá, sem az EUT, sem a DYS tehenekben nem tért vissza az alapértékre az ellés utáni 168 órában.



**9. ábra:** Bendő pH normál (□, n=10) és nehéz ellésű (▲, n=8) tehenekben az ellés körül.

A „0” az ellés előtti utolsó 4 órát jelenti, a szaggatott függőleges vonal pedig a tehenek friss laktációs csoportba való bekerülésének idejét. Az értékeket átlag  $\pm$  SEM formában adtuk meg.

**10. táblázat:** Kérődzéssel töltött idő, recés-bendő pH és hőmérsékleti mutatók (átlag  $\pm$  SD) normál és nehézellésen átesett teheneknél

| Paraméter <sup>1</sup>              |                                                              | Mértékegység | Vizsgálati csoportok |                    | P-érték <sup>2</sup> |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------|----------------------|--------------------|----------------------|
|                                     |                                                              |              | Normál ellés         | Nehézellés         |                      |
| Kérődzéssel töltött idő paraméterek |                                                              |              |                      |                    |                      |
|                                     | Kiindulási érték                                             | perc/4 h     | 78,3 ± 2,8           | 76,1 ± 2,3         | 0,985                |
|                                     | GAT <sub>PRE</sub>                                           | perc         | 4 378,5 ± 421,4      | 4 756,2 ± 345,8    | 0,935                |
|                                     | GAT <sub>POST</sub>                                          | perc         | 9 923,6 ± 764,1      | 12 420,3 ± 1 043,7 | 0,012                |
|                                     | Kiindulási értékhez való visszatérési idő                    | óra          | 39,8 ± 7,6           | 97,2 ± 12,4        | 0,002                |
| Recés-bendő pH mutatók              |                                                              |              |                      |                    |                      |
|                                     | Kiindulási érték                                             |              | 6,3 ± 0,1            | 6,3 ± 0,1          | 1,00                 |
|                                     | GAT <sub>PRE</sub>                                           | óra          | 11 222 ± 546         | 11 015 ± 411       | 1,00                 |
|                                     | GAT <sub>POST</sub>                                          | óra          | 25 314 ± 737         | 21 877 ± 2 350     | 0,046                |
|                                     | Kiindulási értékhez való visszatérési idő                    | óra          | n.a.                 | n.a.               | n.a.                 |
|                                     | pH 5,8 érték alatt töltött idő az ellést követő első 7 napon | perc/nap     | 9,4 ± 7,5            | 4,3 ± 3,1          | 0,032                |
| Recés-bendő-hőmérséklet mutatók     |                                                              |              |                      |                    |                      |
|                                     | Kiindulási érték                                             | °C           | 39,7 ± 0,4           | 39,7 ± 0,6         | 1,00                 |
|                                     | GAT <sub>PRE</sub>                                           | °C × óra     | 67 757 ± 1 223       | 65 018 ± 1 145     | 0,042                |
|                                     | GAT <sub>POST</sub>                                          | °C × óra     | 150 522 ± 35 512     | 141 529 ± 18 031   | 0,750                |
|                                     | Kiindulási értékhez való visszatérési idő                    | óra          | 35,4 ± 3,4           | 37,8 ± 4,2         | 0,895                |

<sup>1</sup>GAT<sub>PRE</sub>: az ellés előtti 72 óra görbe alatti területe; Alapérték: 72 órával az ellés előtt; GAT<sub>POST</sub>: az ellés utáni első 168 óra görbe alatti területe.

<sup>2</sup>n.a.=nincs adat (nem volt mérhető)

#### 2.2.3.4. Megbeszélés

A kérődzéssel töltött időt és a kérődzési mintázatokat általában a takarmányozás (Kononoff és Heinrichs, 2003), az állat egyedisége (Richter, 2010), egyes betegségek (Pedersen, 2010), illetve az állatok átcsoportosítása (Schirmann et al., 2011) befolyásolja. A kérődzéssel töltött idő mellett egyre többen vizsgálják a recés-bendő pH-értékét is az ellés körüli időszakban (Heirbaut et al., 2022), ugyanis a bendőaktivitás csökkenése SARA kialakulásához vezethet. SARA-nak tekintjük, ha a bendő pH-ja 5,5 alá esik (Oetzel et al., 1999; Plaizier et al., 2008).

Az ellés előtti 12–24 órás intervallumban mindkét csoportban csökkent a kérődzéssel töltött idő, majd az ellés előtti 4. és 8. óra között a DYS tehenek már csak harmadannyi időt töltöttek kérődzéssel, mint az EUT tehenek, feltehetően a nehézellés okozta nagyobb stressz miatt. Pahl és munkatársai (2014) szintén jelentős csökkenést találtak a kérődzéssel töltött időben – de csak az ellés előtti 6 órában – a szerzők azonban csak normál, vagy enyhe segélynyújtással lezajlott elléseket vizsgáltak. Az ellés előtti GAT-értékek statisztikai hasonlósága abban keresendő, hogy viszonylag hosszú volt az ellés előtti megfigyelési idő és a megszületés előtti 16. óráig hasonló kérődzési mintázatot mutattak az EUT és a DYS állatok.

Az ellés utáni első 4 órában az EUT tehenek közel kétszer annyi időt töltöttek kérődzéssel, mint a nehezen ellett társaik. A kérődzés ellés utáni megindulása a takarmányfelvétellel függ össze. Schirmann és munkatársai (2013) leírták, hogy az ellés után 6 órával már helyreáll a kérődzési aktivitás, ez alátámasztja vizsgálatunk eredményét, miszerint az ellés után átlagosan 8 órával elkezdtek az állatok kérődzni. Sajnos, az egyedi takarmányfelvételt nem tudtuk vizsgálni. Az EUT teheneknél megfigyelt, ellés utáni kérődzési idő megfelel az irodalmi adatoknak (Yang és Beauchemin, 2006; Calamari et al., 2014); a nehézellésnek azonban hosszú távon is kifejezett hatása volt az ellés utáni kérődzési aktivitásra. Az alapértékhez való visszatéréshez szükséges idő alapján az EUT teheneknél az ellés után két nap alatt helyreállt az élettani kérődzési aktivitás, míg a DYS teheneknél ehhez nagyjából négy napra volt szükség. Egy korábbi munkában hasonló eredményeket kaptak egészséges teheneknél, jöllehet, az ellés lefolyását nem rögzítették – a kérődzési idő az ellés után 5 nappal stabilizálódott (Bar, 2011).

A GAT-elemzés és a pH 5,8 alatt töltött idők csoportok közötti összehasonlítása alapján a várttal ellentétben, a DYS teheneknél valamivel nagyobb recés-bendő pH-értékeket kaptunk, mint az EUT teheneknél, azonban ezek a különbségek nem voltak számottevők, így a vizsgálatunk alapján nem feltételezhető, hogy a nehézellés komoly hatással lenne a recés-bendő pH-értékére az ellés utáni időszakban. A DYS teheneknél megfigyelhető valamivel nagyobb pH-értékek feltehetően annak tudhatóak be, hogy ezeknél az állatoknál kevesebb volt a szárazanyagfelvétel a fogadói takarmányadagból, aminek magasabb az abraktartalma. Egészséges állatoknál az ellés után gyorsan helyreáll a takarmányfelvétel (Mainau és Manteca, 2011; Sato et al., 2012). A jelen vizsgálatban feltételeztük, hogy az ellési problémák esetén ez nem történt meg. Vizsgálatunk egyik korláta, hogy nem rögzítettük a takarmány- és a szárazanyagfelvételt, ami alapvetően befolyásolja a kérődzéssel töltött időt és a recés-bendő pH-t is. Ilyen mérésre a kutatásunk idején nem is lett volna lehetőségünk.

A recés-bendő pH csökkenő tendenciája az ellés utáni időszakban normálisnak tekinthető (Gasteiner és Guggenberger, 2013), ez egyértelműen látható vizsgálatunkban is. Rendellenesnek tekintjük az 5,5 alatti recés-bendő pH értékeket, ez súlyos SARA-ra utalhat (Garrett et al., 1999), vagy klinikai tünetek megléte esetén túlheveny vagy heveny bendőacidózisra (Blood és Radostits, 1989). Egy korábbi vizsgálatban a recés-bendő pH-értéke SARA-toleráns tehenekben naponta 15, SARA-fogékony tehenekben pedig 753 percen át volt 5,8 alatt a laktáció 2. és 8. napja között (Humer et al., 2015). A jelen vizsgálat során ez az érték nem érte el a 10 perc/nap értéket a laktáció első 7 napján

sem az EUT, sem a DYS tehenek csoportjában, és a recés-bendő pH a vizsgálat teljes időtartama alatt minden állatnál meghaladta a kritikus pH 5,5 értéket, azaz nem volt postpartum bendőacidózisra utaló bizonyítékunk. A lassú csökkenés mellett a recés-bendő pH-értékek jellegzetes ingadozást mutattak az ellés utáni időszakban mind a két csoportban. A recés-bendő pH napszaki ingadozását korábban a takarmányfelvétel napszaki ritmusával magyarázták (Robinson és Garrett, 1999), azonban vizsgálatunkban csak részben lehet ezzel magyarázni a jelenséget, mivel az állatok nem ugyanabban a napszakban ellettek, így a mérési pontok időben eltolódtak. A recés-bendő pH periodikus változásai inkább a bendő adaptációját tükrözik a fogadói takarmányhoz.

Costa és munkatársai (2016) vizsgálatukban a recés-bendő hőmérsékletének ellés előtt 24 órával bekövetkező, 0,2°C-os átlagos csökkenését találták a közelgő ellés legjobb előrejelzőjének. A recés-bendő hőmérsékletének hirtelen esését mi is megfigyeltük. A DYS teheneknél ez az ellés előtt 32 órával következett be és 0,23°C volt, míg az EUT teheneknél az ellés előtt 20 órával következett be egy 0,48°C-os csökkenés.

Annak ellenére, hogy már megállapítást nyert, hogy a kérődzéssel töltött idő eltérő lehet állományonként és egyedenként is (Moallem et al., 2010; Calamari et al., 2011), eredményeink alapján a kérődzési idő változásainak monitorozása hasznos lehet az ellési nehézségek szempontjából veszélyeztetettnek tekinthető tehenek korai azonosítására.

## 2.3. Újszülött borjak vizsgálata

### 2.3.1. A sav-bázis-egyensúly vizsgálata segélynyújtás nélkül született borjakon

#### 2.3.1.1. Célkitűzések

A vizsgálat célja az újszülöttkori sav-bázis- és elektrolit-státusz leírása volt segélynyújtás nélküli ellésekből született borjaknál. Vizsgáltuk az acidózis respiratórikus és metabolikus összetevői (rövidtávú jóllét) mellett a potenciálisan életet veszélyeztető asphyxia kimutatására alkalmas paramétereket, amelyek a vérgázcsere tartós változásait tükrözik. Megpróbáltunk olyan szezonális, anyai és borjúval összefüggő változókat azonosítani, amelyeket eddig nem vizsgáltak, de hatásuk lehet az elsődleges sav-bázis-zavarokat jelző vérparaméterekre borjakban az élet első 24 órájában.

#### 2.3.1.2. Anyag és módszer

##### *Vizsgálati elrendezés*

A vizsgálatot a 2.2.1.2. fejezetben bemutatott szarvasmarhatelepen végeztük. Kétszázöt, nyáron ( $n=101$ ; 2016. június 15–augusztus 28.) és télen ( $n=104$ ; 2015. november 25–2016. február 15.) segélynyújtás nélküli, többször ellett tehen elléséből született borjút vizsgáltunk.

Az ellés nehézségét a 2.2.3.2. fejezetben leírtak alapján határoztuk meg és a nehézzellésekből született borjakat kizártuk a vizsgálatból. A tehen kondícióját Hady és munkatársai (1994) által tejelő szarvasmarhákra javasolt 5 pontos USA bírálati rendszer alapján pontoztuk közvetlenül az ellés után [átlag  $\pm$  SD;  $3,0 \pm 0,1$  (nyári ellések);  $3,1 \pm 0,1$  (téli ellések)].

A borjakat a születés után 1,5–2 órával vették el az anyjuktól. Az ellés után a tehenet 2 órán belül megfejték, a borjak a kolosztrumot cumival ellátott üvegből kapták meg. A borjakat naponta négyszer, alkalmanként 1,65 liter kolosztrummal itatták az első 48 órában. A megszületést követő 48. és 96. óra között naponta háromszor, majd naponta kétszer vödörből itatták a borjakat, alkalmanként 3,2 liter teljes tejjel (reggel 5:00 és délután 16:00 órakor). Az újszülött borjakat egyedileg helyezték el  $1,65 \times 1,20$  m méretű műanyag borjúházakban, amelyekhez  $1,60 \text{ m}^2$ -es kifutó tartozott. A borjúházat és a kifutót is szalmával almozták.

##### *Az életképesség pontozása és a sav-bázis-egyensúly vizsgálata*

A borjak életképességét közvetlenül az ellés után, majd egy és 24 órával azt követően pontoztuk a Szenci (1982) által javasolt kritériumok alapján, a szopási reflex-szel kiegészített 12 pontos lineáris pontrendszerben: 1) izomtónus (2: normális, 1: gyenge, 0: tónustalan); 2) fej felemelése (2: fejét felemeli, 1: fejét csak segítséggel tudja tartani; 0: feje lóg); 3) izomreflexek (2: normál izomreflexek, 1: kevés és alacsony intenzitású izomreflex, 0: végtagok extenzióban); 4) a nyálkahártya színe (2: élénk rózsaszín, 1: halvány rózsaszín, 0: fakó); 5) szívverésszám (2: normális/szabályos 120–220/perc, 1: bradycardia/szabálytalan  $<120$ /perc, 0: nincs); 5) szopási reflex (2: intenzív, 1: gyengébb, 0: nincs). Az életképesség értékelését követően összeadtuk a pontszámokat.

Az életképességpontozással egy időben vért vettünk a v. jugularisból  $\text{Ca}^{2+}$  kiegyensúlyozott lítium-heparint tartalmazó fecskendőbe (Blood Gas Monovette® 2 mL LH, Sarstedt, Nümbrecht-Rommelsdorf, Németország). A vérvétellel egy időben megmértük a rektális hőmérsékletet is. A vérvételtől számított 5 percen belül megvizsgáltuk a vérmintákat az ABL800 Basic vérgáz-analizátorral

(Radiometer Medical ApS, Brønshøj, Dánia). Megmértük a vér pH-, parciális CO<sub>2</sub> (pCO<sub>2</sub>; mmHg) és oxigén (pO<sub>2</sub>; mmHg) értékét, valamint az L-laktát- (mmol/L), a hemoglobin- (Hb; g/L), az ionizált-kalcium- (Ca<sup>2+</sup>; mmol/L), a nátrium- (Na<sup>+</sup>; mmol/L), a kálium- (K<sup>+</sup>; mmol/L) és a klorid- (Cl<sup>-</sup>; mmol/L) koncentrációit. A bikarbonát- (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>; mmol/L), a bázistöbblet- (base excess: BE; mmol/L), az összes szén-dioxid- (TCO<sub>2</sub>; mmol/L) és az anionrés- (mmol/L) értékeit a sav-bázis készülék automatikusan kiszámította. Az anionrés a következőképpen számoltuk ki: Anionrés=[Na<sup>+</sup>] – [Cl<sup>-</sup>] – [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>]. A vér pH, pCO<sub>2</sub>, pO<sub>2</sub>, TCO<sub>2</sub> és BE értékeket korrigáltuk a borjú testhőmérsékletével.

### *Az ellés körülményei*

Annak érdekében, hogy értékelni tudjuk az ellés hosszának hatását a borjak vizsgált vérparamétereire, feljegyeztük az ellési nyugtalanság és a borjú megszületése között eltelt idő hosszát. A borjú testtömegét, ivarát és a születés időpontját is rögzítettük. Feljegyeztük az anyai viselkedést is Jensen (2012) szerint. A borjú felnyalásával töltött időt az ellést követő egy órában rögzítettük.

### *Statisztikai elemzés*

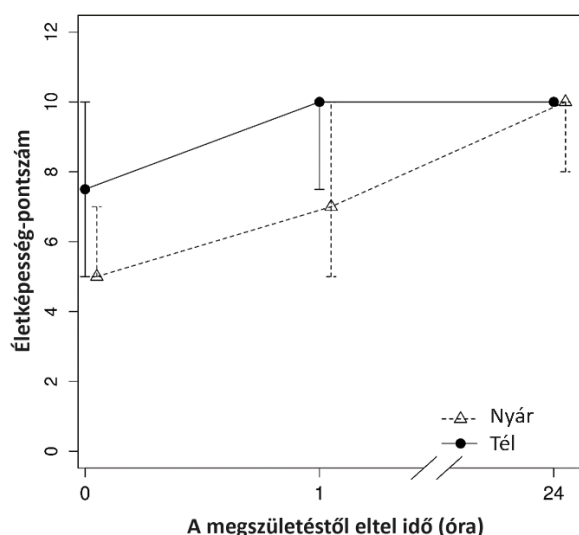
A statisztikai számításokat az R–3.0.2. statisztikai környezetben végeztük (R Core Team, 2013). Lineáris kevert modellel határoztuk meg az évszak és az elléstől a mintavételig eltelt idő (0, 1 és 24 órával az ellés után) hatását és a köztük lévő kölcsönhatásokat, illetve a kovariánsok hatását (a borjú születési testtömege, a megszületés időpontja, az ellés és a felnyalás hossza) a függő változókra (rektális hőmérséklet, életképesség és vérparaméterek). A borjú random hatásként szerepelt modellekben. Az „ellés hossza” következetesen először került be a modellbe, így lehetővé tettük az ellés időtartamának és a borjú, mint egyed kölcsönhatási hatásának vizsgálatát is. Ezt követően a „borjú felnyalásával töltött idő” került a modellbe. A fix hatások az „évszak”, a „mintavételi idő”, a „borjú születési testtömege”, a „megszületés időpontja” és „a borjú felnyalásával töltött idő” után kerültek megadásra. Az általunk vizsgált paraméterek egyike sem mutatott eltérést a normál eloszlástól a Shapiro–Wilk-teszt alapján. A kapott értékeket átlag ± SEM formában ábráztuk.

#### 2.3.1.3. Eredmények és megbeszélés

A nyári, illetve a téli időszakban vizsgálatba vont borjak átlagos (± SD) születési testtömege 35,5 ± 0,9 kg, illetve 36,2 ± 1,0 kg volt. A nyári időszakban 48 bika- és 53 üszőborjú született, míg a téli időszakban 47, illetve 57. A nyári időszakban a vizsgált ellések átlagos (± SD) hossza 178,4 ± 24,5 perc, míg a téli időszakban 169,7 ± 26,8 perc volt. A nyári ellések 13,5%-ánál történt elhanyagolható mértékű segélynyújtás ellés közben, míg ez télen 12,3% volt.

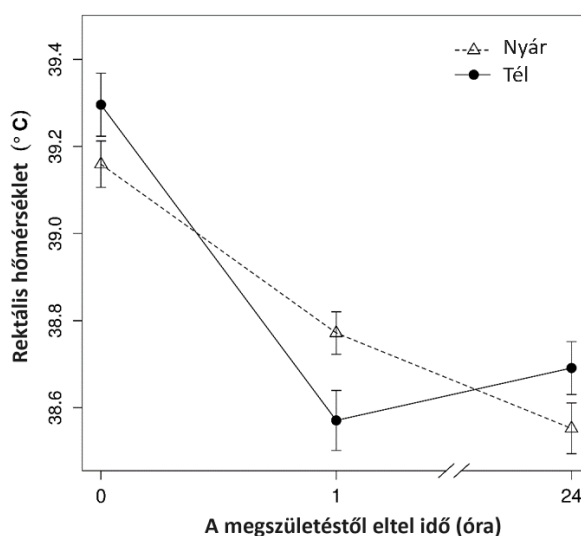
### *Az évszak és a születéstől a mintavételig eltelt idő hatása*

Megszületésekor 137 borjú volt jó életképességű (>7,5 vitalitás pontszám), 60 borjú volt kissé gyengébb (vitalitás pontszám=5,0–7,5) és 8 volt kifejezetten gyenge (<5,0 vitalitás pontszám). Korábbi megállapításokkal (Szenci, 2003) egybehangzóan az életképesség pontszám nőtt az idő előrehaladtával, és érdekes módon nagyobb volt a télen született borjaknál, mint a nyáriaknál (10. ábra). Ez a környezet és a méh közötti nagyobb hőmérsékletkülönbségre vezethető vissza, ami kedvező a légzésfunkciók támogatása szempontjából (Maurer-Schweizer, 1977; Guyton és Hall, 2006).



**10. ábra:** Szülészeti segélynyújtás nélküli, nem nehéz ellésből született borjak életképesség-pontszámai 0, 1 és 24 órával a megszületést követően nyáron (●, n=101) és télen (Δ, n=104).

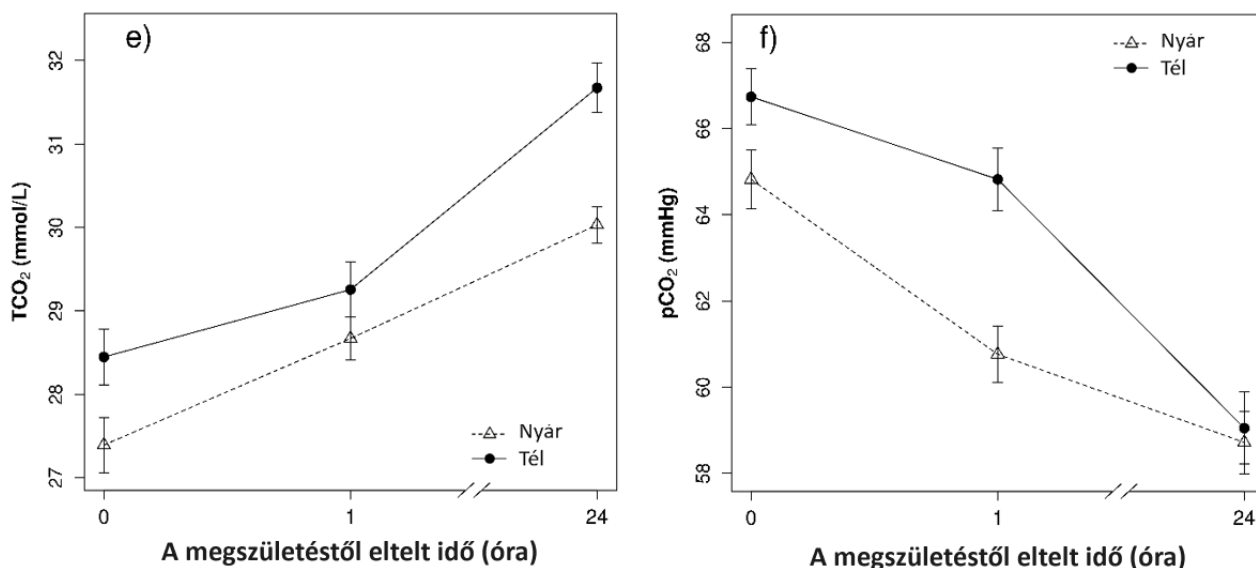
Az irodalmi adatoknak megfelelően (Bellows és Lammoglia, 2000; Vannucchi et al., 2015a) a rektális hőmérséklet jelentősen változott az idő függvényében (11. ábra), ezek a változások azonban függetlenek voltak az évszaktól (11. táblázat). Születéskor normális volt minden borjú testhőmérséklete, és szignifikáns csökkenés volt tapasztalható az élet első órájában a nyári ( $P=0,025$ ), és a téli borjaknál is ( $P=0,018$ ). A télen született borjaknál némileg alacsonyabbak voltak az értékek, ami arra utal, hogy alacsony környezeti hőmérséklet esetén az újszülött borjak termoregulációs kapacitása rosszabb. A születéskor magasabb rektális hőmérséklet valószínűleg az anyaállat elléskori testhőmérsékletét tükrözi. A rektális hőmérséklet nyáron tovább csökkent az első 24 órában, míg a télen született borjaknál némi növekedés volt tapasztalható a születés utáni 1. és 24. óra között (11. ábra), ami annak tudható be, hogy télen nagyobb hőtermelés szükséges a testhőmérséklet fenntartásához.

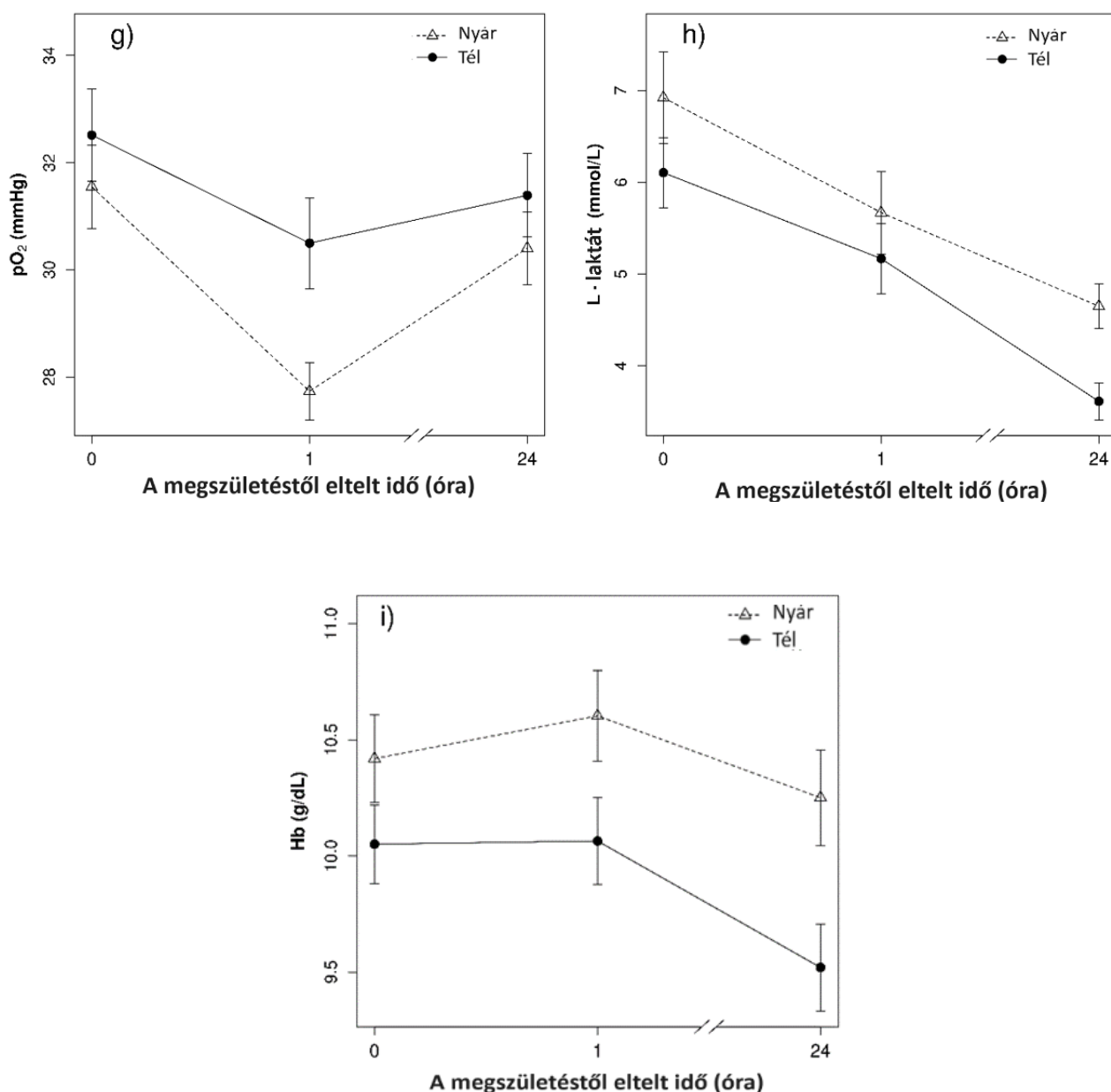


**11. ábra:** Szülészeti segélynyújtás nélküli, nem nehéz ellésből született borjak rektális hőmérsékletének változása az élet első 24 órájában nyáron (●, n=101) és télen (Δ, n=104).

Nem találtunk kölcsönhatást a faktorok (évszak, mintavétel időpontja) és a kovariánsok (ellés hossza, borjú születéskori testtömege, a borjú felnyalásával töltött idő, megszületés időpontja) között. Az elektrolitparaméterek kivételével a vér pH, a vérgáz, a sav-bázis-értékek, illetve az L-laktát- és a Hb-koncentráció változott az idő függvényében (12/a-i ábrák) és szignifikáns évszak  $\times$  mintavételi idő interakciókat találtunk a BE és a  $\text{TCO}_2$  esetében (11. táblázat).

A nem nehéz ellés során általában kevert, respiratorikus-metabolikus acidózis (Rice, 1994; Bleul et al., 2007) alakul ki a főtöplacentáris egységben bekövetkező élettani ischemia miatt (Szenci, 2003). Korábbi vizsgálatokban nem nehéz ellésből (Szenci et al., 1988), nehézellésből (Bleul és Götz, 2013), császármetszéssel vagy *per vias naturales* született borjaknál (Herfen és Bostedt, 1999) a vér pH és BE értékei közvetlenül a megszületés után enyhe-közepes mértékű metabolikus acidózisra utaltak, amely vizsgálatunkban az ellést követő egy órán belül normalizálódott (12/a és 12/b ábra). Érdekes módon mindkét évszakban született borjakban az ellést követően negatív (de még élettani) BE-érték ( $\text{BE} = -2,3 \pm 0,2$  mmol/L nyáron;  $\text{BE} = -2,0 \pm 0,1$  mmol/L télen) ellenére az anionrés átlagos értékei (12/c ábra) az élettani határértékeken belül voltak a megszületést követően vett vérmintákban (anionrés  $= 8,9 \pm 0,6$  mmol/L nyáron; anionrés  $= 7,5 \pm 0,5$  mmol/L télen). Ez az ún. normál anionrés melletti metabolikus acidózisra (vagy hyperchloraemiás acidózis) utal, amelyre a  $\text{HCO}_3^-$ -ionvesztés mellett a magas  $\text{Cl}^-$ -koncentráció jellemző (Constable, 2014), és megfigyelhető volt vizsgálatunkban mind a nyáron ( $105,3 \pm 3,6$  mmol/L), mind a télen ( $106,1 \pm 3,5$  mmol/L) született borjaknál. Meg kell jegyeznünk azonban, hogy a vizsgálati elrendezés miatt (csak szülészeti segélynyújtás nélküli, nem nehéz ellésből született borjakat vizsgáltunk) a vérgáz és a sav-bázis értékekben nem volt életet veszélyeztető állapotra utaló, az irodalmi adatok szerint normális tartományba eső értékektől jelentős eltérés sem a nyári, sem a téli borjaknál, és a BE-értékek egy vizsgált állatban sem haladták meg a Held és munkatársai (1985) által megállapított,  $-6,0$  mmol/L-es, kritikus küszöbértéket.





**12. ábra:** A vér pH-értéke (a), a vénás vérgáz koncentrációja és a sav-bázis paraméterek<sup>1</sup> (b–g), az L-laktát (h) és a hemoglobin (i) szülészeti segélynyújtás nélküli, nem nehéz ellésből született borjakban, 0, 1 és 24 órával a megszületést követően nyáron (●, n=101) és télen (Δ, n=104).

<sup>1</sup>BE=bázistöbblet; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>=bikarbonát; TCO<sub>2</sub>=összes szén-dioxid; pCO<sub>2</sub>=parciális CO<sub>2</sub> nyomás; pO<sub>2</sub>=parciális O<sub>2</sub> nyomás; Hb=hemoglobin.

A vér pH, pCO<sub>2</sub>, BE, TCO<sub>2</sub> és pO<sub>2</sub> értékeit korrigáltuk a borjú testhőmérsékletével.

**11. táblázat:** Az évszak (nyár; n=101 és tél; n=104) és a mintavétel idejének (0, 1 és 24 óra születés után) hatásai, ezek kölcsönhatásai és a kovariánsok hatása a rektális hőmérsékletre, vénás vérgáz- és sav-bázis-, valamint elektrolitállapotra

| Vizsgált paraméterek <sup>1</sup>     | Faktorok        |                  | Interakciók               | Kovariánsok ( $F_{1,204}$ ) |                              |                                   |
|---------------------------------------|-----------------|------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
|                                       | Évszak          | Mintavétel ideje | Évszak × mintavétel ideje | Az ellés hossza             | A borjú születési testtömege | A borjú felnyalásával töltött idő |
| Rektális hőmérséklet                  | 0,32            | <b>&lt;0,01</b>  | 0,33                      | ↑3,5*                       | $P=0,43$                     | ↑7,2**                            |
| pH                                    | 0,76            | <b>&lt;0,01</b>  | 0,45                      | ↓4,1*                       | ↓3,1*                        | ↑10,3***                          |
| pCO <sub>2</sub> (mmHg)               | <b>0,03</b>     | <b>0,03</b>      | 0,62                      | ↑3,6*                       | $P=0,52$                     | ↓5,6**                            |
| pO <sub>2</sub> (mmHg)                | <b>0,04</b>     | <b>0,04</b>      | 0,49                      | ↓3,2*                       | $P=0,28$                     | ↑3,1*                             |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mmol/L) | <b>0,03</b>     | <b>0,03</b>      | 0,36                      | ↓6,9**                      | ↓5,0*                        | ↑8,4**                            |
| BE (mmol/L)                           | <b>0,02</b>     | <b>&lt;0,01</b>  | <b>0,01</b>               | ↓9,2**                      | ↓4,8*                        | ↑6,2**                            |
| TCO <sub>2</sub> (mmol/L)             | <b>&lt;0,01</b> | <b>0,01</b>      | <b>0,02</b>               | ↑9,5**                      | ↑4,6*                        | $P=0,56$                          |
| Hb (g/L)                              | <b>&lt;0,01</b> | 0,04             | 0,52                      | $P=0,95$                    | $P=0,76$                     | $P=0,89$                          |
| Anionrés (mmol/L)                     | <b>0,02</b>     | <b>0,03</b>      | 0,10                      | ↑3,4*                       | $P=0,35$                     | ↓5,6**                            |
| L-laktát (mmol/L)                     | <b>0,01</b>     | <b>0,02</b>      | 0,58                      | ↑9,7***                     | ↑6,1**                       | ↓5,8**                            |
| K <sup>+</sup> (mmol/L)               | 0,58            | 0,06             | 0,43                      | $P=0,84$                    | $P=0,82$                     | $P=0,85$                          |
| Ca <sup>2+</sup> (mmol/L)             | 0,62            | 0,42             | 0,75                      | $P=0,92$                    | $P=0,76$                     | $P=0,95$                          |
| Na <sup>+</sup> (mmol/L)              | 0,60            | 0,35             | 0,82                      | $P=0,58$                    | $P=0,67$                     | $P=0,74$                          |
| Cl <sup>-</sup> (mmol/L)              | 0,38            | 0,50             | 0,90                      | $P=0,65$                    | $P=0,75$                     | $P=0,78$                          |

A félkövérrel szedett értékek a tényezők szignifikáns hatását jelzik az évszakhoz, mintavétel idejéhez és a születéshez képest. ↑/↓: a változó növekszik/csökken a kovariánsok növekedésével. Statisztikai szignifikancia \* $P < 0,05$ , \*\* $P < 0,01$ , \*\*\* $P < 0,001$ .

<sup>1</sup>pCO<sub>2</sub>=a CO<sub>2</sub> parciális nyomása; pO<sub>2</sub>=az oxigén parciális nyomása; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>=bikarbonát; BE=bázistöbblet; TCO<sub>2</sub>=összes szén-dioxid; Hb=hemoglobin.

Vizsgálatunkban az acidózis metabolikus komponensét egyértelműen mutatta a születéskor emelkedett L-laktát-, illetve a csökkent  $\text{HCO}_3^-$ - és  $\text{TCO}_2$ -koncentráció (12/d és 12/e ábra). Hasonlóan a vér pH- és BE-értékéhez, jelentős növekedést figyeltünk meg a  $\text{HCO}_3^-$ - és a  $\text{TCO}_2$ -koncentrációkban az első 24 óra során, míg az L-laktát vérbeli koncentrációja csökkent (12/d–f ábra), ami az acidózis metabolikus kompenzációját tükrözi.

Minden borjú hypercapniás volt a megszületéskor és a  $\text{pCO}_2$ -értékek csökkentek az élet első 24 órájában (12/f ábra), ami megfelel a korábban leírtaknak (Maurer-Schweizer et al., 1977; Varga et al., 2001). A  $\text{pCO}_2$  koncentrációjának csökkenése a megszületéstől számított 1. és 24. óráig a légzésfunkció javulását mutatja. A légzésfunkciók javulását a  $\text{pO}_2$  is mutatta (12/g ábra). Korábbi vizsgálatokhoz hasonlóan (Kurz és Willet 1991; Harvey, 1997) a Hb-koncentráció magas volt közvetlenül a megszületés után (12/i ábra), de nem változott szignifikáns mértékben az első 24 óra során. A megszületést követően 24 órával vett mintákban mért enyhe Hb-csökkenés a kolosztrum felszívódásából adódó plazma expanzióknak tudható be.

Vizsgálatunk egyik fő eredménye, hogy szignifikáns különbséget találtunk a télen és a nyáron született borjak L-laktát koncentrációjában, illetve vérgáz és sav-bázis paramétereiben. Ugyanakkor, ahogyan az a 11. táblázatban látható, az évszaknak nem volt hatása a vér pH-értékére, az összes kovariánst figyelembe véve. A nyáron született borjakhoz képest a téli borjaknál magasabb volt a  $\text{HCO}_3^-$  koncentrációja, illetve a BE és az L-laktát értéke, nagyobb mértékű metabolikus acidózissal utalva a nyári időszakban született borjakban. A BE majdnem kétszerese volt a nyári értéknek a megszületést követő 24. órában (12/b ábra). Bár a  $\text{pCO}_2$ - és a  $\text{pO}_2$ -értékek jobb légzésfunkcióra utalnak a téli borjakban a nyáriakhoz képest (12/f és 12/g ábra), jelentős szezonális hatással, az összes metabolikus és respiratórikus paraméter elérte az élettani tartományt 24 órával a megszületést követően a nyáron született borjakban is, így nem feltételezhetünk komoly vérgáz- vagy sav-bázis-egyensúlyzavart a nyáron született borjakban. Mivel nem tudtunk évszak  $\times$  borjak születéskori testtömege, vagy évszak  $\times$  ellés hossza interakciókat kimutatni, és mindkét kovariáns értékei hasonlóak voltak a nyáron és a télen született borjaknál (11. táblázat), úgy tűnik, hogy a borjú születéskori testtömege és az ellés hossza nincs hatással a vérgáz-, sav-bázis vagy L-laktát értékekben tapasztalható szezonális különbségekre. E paraméterek szezonálisát nem csak klinikai, hanem módszertani szempontokból is figyelembe kell venni, elsősorban hosszútávú vizsgálatokban.

A vizsgált időszakban a borjak elektrolit-értékei normálisak voltak, és a vérgáz-, sav-bázis- vagy Hb-értékekkel szemben az évszak és a születéstől a mintavételig eltelt idő nem volt hatással a  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{2+}$  and  $\text{Cl}^-$  ionok koncentrációira (11. táblázat). A jelen vizsgálatban részt vevő borjakban mért normokalemia (4,48–5,02 mmol/L), normonatremia (135,3–138,7 mmol/L), normocalcemia (1,31–1,39 mmol/L) és normochloremia (99,4–104,8 mmol/L) arra utal a korábbi vizsgálatokkal összhangban (Szenci et al., 1985), hogy a normál ellésből született borjak hatékony mechanizmusokkal rendelkeznek az elektrolitegyensúly eléréséhez.

#### *A kovariánsok hatása*

Nem találtunk kölcsönhatást a kovariánsok (ellés hossza, borjú születéskori testtömege, a borjú felnyalásának hossza, a születés időpontja) között. A születés időpontján kívül minden kovariáns szignifikáns hatással volt a rektális hőmérsékletre, az L-laktát-koncentrációra és a vérgáz-, illetve a sav-bázis-paraméterek többségére. A kovariánsok egyike sem volt hatással a Hb-koncentrációra vagy az elektrolit-háztartás paramétereire (11. táblázat).

Az ellés hossza (az első, ellésre utaló nyugtalanság jelei és a megszületés közötti idő) hatással volt a rektális hőmérsékletre (11. táblázat). Az elhúzódó, de segélynyújtás nélküli ellésekből született

borjak rektális hőmérséklete magasabb volt, mint a kevésbé elhúzódó ellésekből születetteké. Az ellés hossza hatással volt az összes vénás vérgáz- és sav-bázis-paraméterre, illetve az anionrés értékére. A vér pH-értéke, a  $pO_2$ - és a  $HCO_3^-$ -koncentráció, illetve a BE értéke csökkent, míg a  $pCO_2$  és a  $TCO_2$  értékei, az L-laktát-koncentráció és az anionrés értékei nőttek az ellés hosszának növekedésével (11. táblázat), ami arra utal, hogy az elhúzódó ellés hátrányosan befolyásolhatja a vérgáz és a sav-bázis-egyensúlyt és még normál lefolyású elléssel világra jött borjaknál is hypoxiát okozhat. Bleul és Götz (2013) szintén kisebb vér pH-értéket találtak elhúzódó ellések után, 10 perccel a megszületést követően borjakban. Mivel az ellés hossza szignifikáns hatással volt a BE és a  $pCO_2$  értékeire, eredményeink alátámasztják azt a feltételezést, amely szerint a respiratorikus acidózis súlyossága összefügg az anya és a magzat közötti vérkeringés megszakadása és az első sikeres légvételek között eltelt idővel (Detweiler és Riedesel, 1993).

A sav-bázis-egyensúly szintén összefüggésben állt a borjak születési testtömegével, ugyanis a nagyobb születési testtömegű borjaknál a vér pH-értéke, a  $HCO_3^-$  és a BE kisebb volt a kisebb születési testtömegű borjak hasonló paramétereire képest, míg a  $TCO_2$ - és az L-laktát-koncentráció a borjú születési testtömegével nőtt (11. táblázat). Adataink arra utalnak, hogy a nagyobb születési testtömegű borjak a kisebbekhez képest hajlamosabbak az acidózisra.

Azoknál a borjaknál mértünk nagyobb rektális hőmérsékletet, amelyekről hosszabban gondoskodott az anyja (11. táblázat), ami arra utal, hogy a korai anya-borjú kapcsolat előnyös a hypotermia megelőzése szempontjából. Mivel az újszülött borjút magzatvíz borítja, ami a párolgás révén csökkenti a testhőmérsékletét, az élet első néhány órájában a felnyalásnak és a magzatvíz eltávolításának nagy jelentősége van, különösen hideg környezetben. Ugyanakkor nem volt összefüggés az évszak és a felnyalás időtartama között. A vérgáz paraméterek közül a  $pO_2$  koncentrációja nőtt, míg a  $pCO_2$  koncentrációja csökkent a felnyalás hosszával, ami arra enged következtetni, hogy az intenzív anya-borjú kapcsolat mérsékelheti újszülöttekben a hypoxiát és az acidózis respiratorikus komponensét (11. táblázat). A születés utáni acidózis súlyosságát is mérsékelte a felnyalás, ami tükröződött a hosszabb felnyaláshoz tartozó nagyobb vér pH-, és BE-értékekben, illetve az anionrés és az L-laktát-koncentráció csökkenésében. Az anyjukkal intenzívebb kapcsolatban lévő borjaknál a felnyalás okozta fizikai stimuláció csökkenthette a respiratorikus acidózist a légzés támogatása révén.

Bár az eddigi tanulmányokban nem vizsgálták az újszülött borjú sav-bázis státusza és az anya-borjú kapcsolat közötti közvetlen összefüggést, azt már korábban is kiemelték, hogy a kérdőzőknél a felnyalás időpontja és minősége a legfontosabb motiváló tényezők az újszülöttekre jellemző viselkedés kiváltásában (Alexander és Williams, 1964; Dwyer, 2008) és kritikus tényezők az újszülöttkori túlélésben is (von Keyserlingk és Weary, 2007). Bár az eredményeinket elegendő tudományos adat hiányában nem tudjuk teljes mértékben megmagyarázni, úgy tűnik, hogy a felnyalás hossza kiemelkedően fontos tényező az borjak méhen kívüli élethez való alkalmazkodásában a hőháztartás és az anyagcsere szempontjából. Bár nagylétszámú tejhasznú telepeken javasolják a borjak korai (felállás előtti) elvételt az újszülöttkori morbiditás és mortalitás csökkentésére (McGuirk és Collins, 2004), a jelen vizsgálat eredményei alapján az ellés menedzsment során figyelembe kellene venni az anya-borjú kapcsolat pozitív hatását, főleg a borjak egészségére összpontosító elletési rendszerekben, azaz ahol az ellés egyedi elletőboksokban történik (Curtis et al., 1988; Mee, 2008).

Eredményeink alapján tejhasznú állományokban a megszületés és a mintavétel között eltelt idő mellett az évszakot is figyelembe kell venni újszülött borjak sav-bázis- és vérgáz-paramétereinek értékelésénél. A télen született borjak jobb életképességében szerepet játszó élettani tényezők szerepét tisztázni kell a jövőben, mivel ez is lényeges lehet klinikai és állatjólléti szempontból.

## 2.3.2. Nehézellésből született borjak nyálkortizol koncentrációja

### 2.3.2.1. Célkitűzések

Annak ellenére, hogy a nehézellések egyre gyakrabban okoznak problémát a tejhasznú tehenészetekben (Mee, 2008), nem tudjuk, miként befolyásolja a borjú stressz-szintjét a túlélés szempontjából leginkább kritikus időszakban, amely tudományosan is elfogadott, hogy az élet első 48 órája (Schuijt, 1990). E vizsgálatban arra kerestük a választ, hogy a nehézellés és egyes elléssel összefüggő tényezők (pl. az anyatehén ellésszáma és kondíció-pontszáma, az ellés hossza, a borjú felnyalásával töltött idő, a borjú ivara és születési testtömege) hogyan befolyásolják a nyál kortizolszintjét. Azt feltételeztük, hogy a nyál kortizol-koncentrációja megfelelő indikátora a stressznek és az esetleges fájdalomnak, amelyet a nehéz ellés okoz az újszülött borjakban.

### 2.3.2.2. Anyag és módszer

#### *Az ellések megfigyelése és az életképesség pontozása*

Összesen 168 ellést vontunk be a vizsgálatba a 2.2.1.2. fejezetben bemutatott nagylétszámú telepen, 2016 tavaszán (február-május) és őszén (szeptember-december), annak érdekében, hogy a hőstressz ne befolyásolja a vizsgálat eredményét.

Az ellések menedzsmentje, az állatok megfigyelése és az ellések nehézségének megítélése (n=98 nem nehézelléses, n=70 nehézellés) hasonlóképpen történt, mint ahogy a 2.2.1.2. és a 2.2.3.2. fejezetekben ismertetésre került. Az életképességet a 2.3.1.2. fejezetben leírt módszerrel pontoztuk a megszületést követően egy percen belül, és azt követően 1, 2, 24, illetve 48 órával. Jensen (2012) javaslata alapján a borjú felnyalásával töltött időt az ellés utáni egy órában rögzítettük.

#### *A nyál kortizolszintjének meghatározása*

A nyálmintákat szintetikus tamponokkal (Salivette Cortisol, Sarstedt, Nümbrecht-Rommelsdorf, Németország) gyűjtöttük a megszületés után 0, 15, 30, 45, 60, 120 perccel, majd 24 és 48 órával. A tamponokat ezután Salivette polipropilén csövekbe helyezve azonnal olvadó jég közé tettük és 4°C-on tároltuk a centrifugálásig. A mintákat a nyálmintavételt követő 10 percen belül szobahőmérsékleten centrifugáltuk. A centrifugálás 1000 g-vel történt és alkalmanként 10 percig tartott. Mintánként legalább 1,5 mL nyálat nyertünk ki és fagyasztottunk le -20°C-ra a vizsgálatig. A teszthez való pufferrel (1:10) hígítást végeztünk, majd a nyál kortizoltartalmát ELISA-módszerrel határoztuk meg (Palme és Möstl 1997; Wagner et al., 2013).

#### *Statisztikai elemzés*

A statisztikai számításokat az R-3.4.1 statisztikai környezetben végeztük (R Core Team, 2017). Az adatokra többváltozós lineáris regressziós modelleket illesztettünk (Pinheiro és Bates, 2000). Független változó volt a tehén ellésszáma és kondíciópontszáma, a borjú ivara és születési testtömege, az ellés hossza, az ellés nehézsége és a borjú felnyalásával töltött idő. A nyál kortizol-koncentrációját függő változóként illesztettük a modellekbe. A 48 órás posztnatális időszakban, az EUT és a DYS borjak nyálkortizol-koncentrációit GAT-ként számítottuk, és összehasonlítottuk a kortizol válaszokat [maximum nyálkortizol, alapérték (48 órás mintavétel) és GAT-értékek, amelyeket az ellés utáni első 48 órában határoztunk meg a 2.2.3.2. fejezetben leírt trapéz módszerrel].

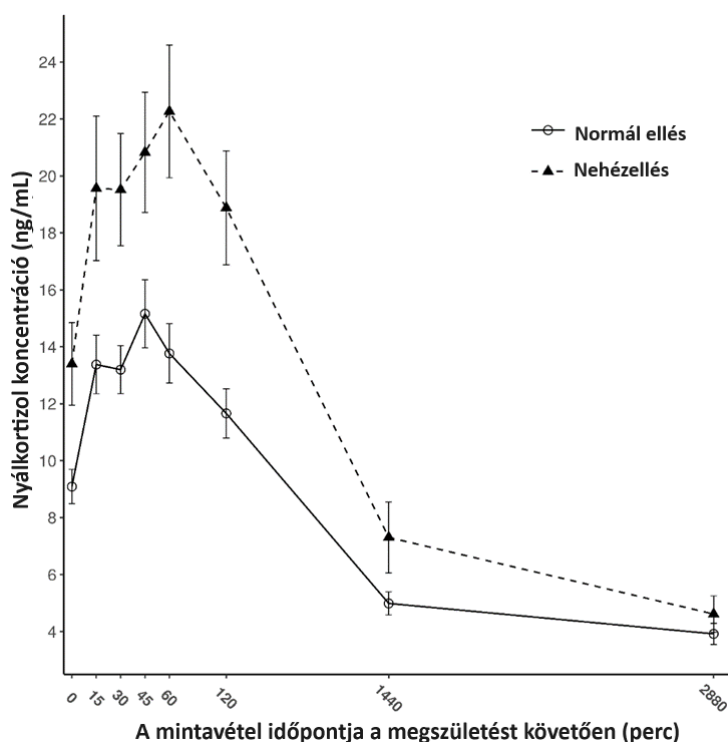
Az adatok varianciahomogenitását Levene-tesztel, a hibavarianciák egyenlőségét Shapiro–Wilk-tesztel értékeltük. Az EUT és a DYS csoportok nyálkortizol maximum- és GAT-értékeit a Wilcoxon rang-összeg tesztel hasonlítottuk össze  $P < 0,05$  szignifikanciaszint mellett.

### 2.3.2.3. Eredmények

A 168 vizsgált ellés közül sorrendben 49, 56 és 63 borjú született először, másodszor és harmadszor ellő tehenektől. A nem nehéz- és nehézellésekből született borjak átlagos ( $\pm$  SD) születési testtömege  $37,8 \pm 1,0$  kg, illetve  $40,2 \pm 1,2$  kg volt. Nem nehézellésből 38 bika- és 60 üszőborjú született, míg nehézellésből 27 bika- és 43 üszőborjú. A nem nehézellések átlagos ( $\pm$  SD) hossza  $138,4 \pm 34,5$  perc, míg a nehézelléseké  $242,7 \pm 66,8$  perc volt. A borjú felnyalásával töltött idő a nem nehézellések esetében átlagosan ( $\pm$  SD)  $68,3 \pm 35,4$  perc, míg a nehézellések esetében  $46,2 \pm 23,6$  perc volt a megszületést követő első órában.

A megszületést követő 48 órában mért nyál kortizolkoncentrációkat nem befolyásolták a tehénelléssel (ellésszám, kondíciópontszám), és a borjúval (ivar, születési testtömeg) összefüggő tényezők. Annak ellenére, hogy az ellés hossza (1,3–8,2 óra) és a borjú felnyalásával töltött idő (5,5–86,5 perc) különbözött az EUT és a DYS borjaknál ( $P=0,035$ ), egyik sem befolyásolta a nyál kortizolszintjét.

A megszületés utáni 48. óra kivételével a lineáris modellek ( $df=7$ ; 150) nagyobb nyál kortizolszinteket jeleztek a DYS borjaknál az EUT borjakhoz képest a megszületés utáni 0. ( $P=0,022$ ), 15. ( $P=0,016$ ), 30. ( $P=0,007$ ), 45. ( $P=0,003$ ), 60. ( $P=0,001$ ) és 120. percben ( $P=0,001$ ), illetve a 24. órában ( $P=0,040$ ), sorrendben. A nyál kortizolszintje mindkét csoportban gyorsan nőtt a megszületést követően, majd az EUT borjakban 45 perccel, a DYS borjakban 60 perccel a megszületést követően érte el maximumát. Ezután mindkét csoportban csökkent a nyál kortizolkoncentrációja (13. ábra).



**13. ábra:** A nyálkortizol-koncentráció változásai nem nehéz- ( $n=98$ ) és nehézellésből ( $n=70$ ) született borjakban az élet első 48 órájában. Az értékeket átlag  $\pm$  SEM formában adtuk meg.

Bár a megszületést követő 48 óra elteltével hasonló kortizolszinteket mértünk mindkét csoportban ( $P=0,245$ ), a nehézellésből született borjak maximális nyál-kortizol koncentrációja ( $21,7 \pm 1,3$  ng/mL vs.  $31,6 \pm 2,9$  ng/mL,  $P=0,009$ ) és GAT-értéke ( $7\,988 \pm 1\,078$  ng/mL  $\times$  perc, vs.  $15\,346 \pm 2\,554$  ng/mL  $\times$  perc,  $P=0,003$ ) meghaladta a nem nehézellésekből született borjakét (sorrendben 45,6%, illetve 92,1%-kal) a vizsgált 48 órás időszakban.

#### 2.3.2.4. Megbeszélés

Megállapítottuk, hogy a megszületés folyamata fokozza a HHM-tengely aktivitását újszülött borjakban, még akkor is, ha az ellés problémamentesen zajlott. Az EUT és a DYS borjakban a megszületést követően közvetlenül és a 48. órában mért kortizolszintek különbsége (106,4% vs. 175,2%) arra utal, hogy a borjak már a megszületés előtt is stresszhelyzetnek vannak kitéve a szülészeti körülményektől függetlenül. A nehézellésből született borjak nyálában azonban nagyobb volt a kortizol koncentrációja, ami nagyobb stressz-szintjűkre utal. Hasonló kortizol csúcsértékeket találtunk a nyál-mintákban, mint Stewart és munkatársai (2008) a vérplazmában 40 perccel adrenokortikotrop hormon beadását követően (34,5 ng/mL), vagy érzéstelenítés nélküli kasztráció után (28,7 ng/mL holstein-fríz borjakban (Stewart et al., 2010), ami jelentős stresszre utal.

Egy korábbi vizsgálatban alacsonyabb maximális nyál-kortizol koncentrációkat találtak (14,8 ng/mL) újszülött borjakban ellésindukciót követően (Nagel et al., 2016), míg mások 6 ng/mL-es koncentrációt mértek segélynyújtással született borjaknál (Barrier et al., 2013), azonban a szerzők az ellést követő 24 órában csak egy mintát vettek, így vizsgálatuk nem volt alkalmas arra, hogy meghatározzák a csúcskoncentrációt.

A megszületést követően mindkét csoportban fokozatosan nőttek a kortizolszintek, ami arra utal, hogy a világra jövetel jelentős stresszt jelent a borjaknak (Aurich et al., 1993b). Vizsgálatunkban a kortizolszint a megszületés után sorrendben 45 és 60 perccel érte el a csúcsát az EUT és a DYS borjakban, a késleltetett növekedés oka lehet, hogy idő kell a kortizol nyálban való megjelenéséhez (Negrao et al., 2004; Hernandez et al., 2014). Hozzánk hasonlóan Nagel és munkatársai (2016) is a megszületés után 60 perccel mértek kortizol-csúcsértékeket a nyálban. Mások szérumban közvetlenül a megszületést követően mérték a kortizolcsúcsot (Vannucchi et al., 2015b), vérplazmában pedig három órával a megszületést követően (Wooley, 2010). A DYS borjakban általunk mért kortizol csúcskoncentráció a nyálban 12,2%-a volt utóbbi szerzők által mért plazmakoncentrációnak, ami megerősíti saját terepi (Kovács et al., 2016) és mások laboratóriumi (Chacón et al., 2004) megfigyeléseit szarvasmarhában, miszerint a nyálban a plazma kortizolszintjének kb. 10%-a jelenik meg. Bár Hoyer és munkatársai (1990) szerint a stressz az újszülöttekben nagyon gyorsan, néhány óra alatt megszűnik, eredményeink arra utalnak, hogy az újszülött borjúnak nagyjából 24 órára van szüksége a méhen kívüli életéhez való alkalmazkodáshoz.

Mivel az ellés az anyaállat számára is jelentős stresszel jár már az ellés első szakaszának kezdetétől (lásd: 2.2.1.3 fejezet), felmerül, hogy a tehénben jelenlévő kortizol befolyásolhatta-e az újszülött borjúból mért kortizolszinteket. Kecskékben (Thorburn et al., 1972) és juhokban (Dixon et al., 1970) kimutatták, hogy a kortizol részben képes átjutni a placentán az anyából a magzatba, és ott okozhat magasabb kortizolszintet az anyaállatot az ellés miatt érő tartós stressz miatt (Jones et al., 1977). Ugyanakkor Wooley (2010) eredményei abban erősítenek meg minket, hogy az anyai vérplazma kortizolkoncentrációja szarvasmarhában nem befolyásolja az újszülött kortizolszintjét.

Meg kell jegyezni, hogy újszülöttkorban más tényezők is hathatnak a HHM-tengely működésére. Nagel és munkatársai (2016) eredményeihez hasonlóan a születési testtömeg és az ellés hossza vizsgálatunkban sem befolyásolta az újszülöttek nyálában a kortizol koncentrációját. Mivel a

borjakat csak a megszületés után egy órával vették el az anyjuk alól, az egyetlen tényező az anya-újszülött kontaktus lehetett volna. Az előző vizsgálat eredményei szerint (2.3.1.3. fejezet) a felnyalás hossza fontos tényező lehet a borjak extrauterin élethez való alkalmazkodásában a hőháztartás és az anyagszere szempontjából. Annak ellenére, hogy a felnyalás hossza nem befolyásolta a nyál kortizolszintjét a jelen vizsgálatban, feltételezhető, hogy pozitív stresszorként növelhette a borjak kortizolszintjét a megszületés utáni 15. és 60. perc között, függetlenül az ellés lefolyásától.

Mivel a magzati HHM-tengely fokozatosan érik és aktiválódik a vemhesség késői szakaszában, a magzat mellékveséjéből jelentős kortizol-felszabadulás indul meg a megszületés előtti 7–3. naptól kezdődően (Taverne et al., 1988; Schuler et al., 2018), az is kérdéses, hogy ez a magzati alap kortizolszint hogyan befolyásolja a megszületés után a nyálban mérhető kortizolszinteket. Feltételezéseink szerint ez a kortizol nem jelenhetett meg az újszülöttek nyálában, mivel azt már bebizonyították, hogy a magzati kortizol foeto-placentáris egységbe való felszívódása indítja el az ellés előkészítő szakaszát (Hoffmann et al., 1977), illetve a vemhesség utolsó hetében tapasztalható, fokozatos magzati plazmakortizol-koncentráció növekedés kevésbé markáns, még spontán ellésből született borjaknál is, mint a megszületés után közvetlenül mérhető hirtelen növekedés (Comline et al., 1974).

Az, hogy a DYS borjakban nagyobb mértékű nyálkortizol-reakciót lehetett mérni az EUT borjakhoz képest arra utal, hogy a nehézellés a borjak számára nagyobb stresszt jelent, mint a nem nehéz ellés, az ellés elhúzódása és/vagy a húztatás miatt. Eredményeink alapján a nyál kortizolszintjének vizsgálata lehetőséget ad a stressz nem-invazív mérésére újszülött borjakban.

### **2.3.3. Egyszeri NSAID-kezelés hatása újszülött borjak fekvési viselkedésre**

#### **2.3.3.1. Célkitűzések**

Korábban már leírták, hogy a fekvéssel és állással töltött idő paraméterei jól tükrözik a borjak alkalmazkodását stresszhelyzetekben (Wilcox et al., 2013; Jensen és Larsen, 2014), így azt feltételeztük, hogy mutathatják a méhen kívüli élethez való alkalmazkodás sikerét is, és hasznosak lehetnek az ellés körüli időszakban egyre gyakrabban alkalmazott NSAID-kezelés hatékonyságának tesztelésére újszülött borjaknál, pl. javítható lehet a kezelés által az állási hajlandóság és képesség.

#### **2.3.3.2. Anyag és módszer**

##### *Vizsgálati állatok, kísérleti elrendezés*

A vizsgálatot a Prorag Agrárcentrum Kft. szentlászlópusztai tehenészetében végeztük. A telepet 8 hónapon keresztül látogattuk 2020-ban. Kétszáz, február és május (n=100), illetve szeptember és december között (n=100) született holstein-fríz borjat vettünk be a vizsgálatba. Az újszülött borjak ellátása és a nem nehéz- és nehézellések meghatározása megegyezett a 2.2.3.2. vizsgálatban leírtakkal. Az ikerborjaktól (n=14) és a farfekvéses nehézellésből született borjaktól (n=6) nem gyűjtöttünk adatokat, így összesen 98 EUT és 82 DYS borjú vett részt a vizsgálatban.

A borjak születési dátumuk alapján kerültek két kezelési csoport egyikébe. Az állatok egyetlen adag, szubkután injekciót kaptak számozott injekciós üvegekből, amelyek vagy meloxicámot (Melovem® A.U.V. inj., AgriHealth, Auckland, New Zealand), céldózis 0,5 mg/kg [n=90; (n=48 EUT, n=42 DYS)] vagy placebo oldatot [n=90; (n=50 EUT, n=40 DYS)] tartalmaztak. A Melovem® injekció mL-enként 20,0 mg meloxicámot és 150 mg etanolt (tartósítószerként) tartalmazott. A kezelés célja az állással töltött idő növelése és az első felállásig eltelt idő csökkentése volt.

Az újszülött borjak életképességét a 2.3.1.2. fejezetben leírtak szerint pontoztuk. A borjú felnyalásának időtartamát az ellést követő órában a 2.2.2.2. fejezetben leírtak szerint figyeltük meg.

#### *A komplex fekvési viselkedés vizsgálata*

A a fekvési viselkedés különböző paramétereinek meghatározásához a HOBOPendant G data logger (Onset Computer Corporation, Bourne, MA) szenzort alkalmaztuk, amely képes a gyorsulás és a szögelfordulás  $x$ ,  $y$  és  $z$  tengelyen való mérésére  $-1$  és  $1$  közötti skálán. A szenzort Copoly öntapadós rugalmas pólya (M+H Vet Ltd, Cseh Köztársaság) segítségével rögzítettük a borjak jobb hátsó lábának laterális oldalára a metacarpophalangealis ízület fölött, közvetlenül a megszületés után Swartz és munkatársai (2016) ajánlása szerint.

Az adatokat a megszületést követő 48 órában rögzítettük, majd a vizsgálat végeztével Microsoft Excelbe exportáltuk, majd az Onset HOBOWare Software (Onset Computer Corporation, Bourne, MA) segítségével elemeztük. Az  $x$ -tengelyre vonatkozó adatokat használtuk az állás vagy fekvés kiértékelésére 30 másodperces mintavételi időközökkel, mivel újszülött borjaknál a gyakori felállás és a bizonytalan állásképeség miatt rövid az egyes testhelyzetekben töltött idő. A lefekvésre  $g < 0,75$  és a felállásra  $g \geq 0,75$  vonatkozó határértékeket egy korábbi validálás (Bonk et al., 2013) alapján határoztuk meg, és eszerint soroltuk a leolvasott értékeket az egyes testhelyzetekhez. A kapott eredményeket egyperces eseményekre szűrtük, hogy eltávolítsuk az esetleg hibásan értelmezett lefekvés vagy felállási eseményeket (Ledgerwood et al., 2010; Bonk et al., 2013).

A következő paramétereket számítottuk ki: állással töltött idő, lefekvés gyakoriság, leghosszabb állással töltött időszak és az állással töltött időszakok átlagos hossza, az első sikeres felállásig, illetve az első felállással való próbálkozásig eltelt idő. Az első sikeres felállásnak Campler és munkatársai (2015) szerint azt tekintettük, amikor a borjú mind a négy lábát kinyújtva állt több mint 5 másodpercig, míg az első próbálkozásnak azt tekintettük, amikor a borjú félig felállt, a két hátsó lábát kinyújtva, mellső lábait a teste alá húzva.

#### *Statisztikai elemzés*

A statisztikai számításokat az R-3.4.1 statisztikai környezetben végeztük (R Core Team, 2017). A szignifikanciaszint minden esetben  $P < 0,05$  volt. Általános lineáris kevert modelleket (Pinheiro és Bates, 2000, „nlme in R” csomag) illesztettünk az adatokra, a borjak mint random hatás szerepeltek a modellekben. Fix hatások voltak az anyaállat ellésszáma (először vs. többször ellett), a borjú ivara, születési testtömege és életképessége (gyenge vs. normál), az ellés lefolyása (normál vs. nehézellés), a borjú felnyalásával töltött idő, valamint a NSAID-kezelés (kezelt vs. nem kezelt).

Welch-próbával határoztuk meg, hogy az ellés nehézsége, az anyaállat ellésszáma, a borjú születési testtömege és életképessége, illetve a borjú felnyalásával töltött idő különbözik-e a két csoportban. A modellekben a függő változók az egyes viselkedési paraméterek voltak, amelyek logaritmikus transzformációját alkalmaztuk a normalitási és varianciahomogenitási feltételezéseinek kielégítésére. A többszörös összehasonlításhoz a Tukey–Kramer-korrekción alkalmaztuk. Az NSAID és a kontroll borjak független változóinak összehasonlítását a Wilcoxon rang-összeg-tesztel végeztük.

#### *2.3.3.3. Eredmények és megbeszélés*

A 180 vizsgált ellés során sorrendben 42, 59 és 79 borjú született először, másodszor és harmadszor ellő tehenektől. Összesen 68 borjú volt gyenge, 132 pedig normál életképességű a

megszületéskor. A kontroll és a NSAID borjak megszületésével kapcsolatos független változók összehasonlítását a 12. táblázat, míg a két csoport viselkedési paramétereit a 13. táblázat tartalmazza.

Bár korábban leírták, hogy az állási képességre hatással lehet a borjú születési testtömege és az ivara (Barrier et al., 2012), vizsgálatunkban a megszületést követő első 48 órában számított viselkedési paraméterek közül egyiket sem befolyásolta e két tényező. A tehén ellésszáma sem befolyásolta az újszülött borjak komplex fekvési viselkedésének egyetlen mutatóját sem. A vizsgált viselkedési paraméterek közül a lefekvés gyakoriságát nem befolyásolta az életképesség, a kezelés és az ellés lefolyása (normál vagy nehézellés) sem.

A feltételezésünknek megfelelően egyetlen adag NSAID-kezelés javította az újszülött borjak állási képességére vonatkozó paraméterek többségét. Kiderült továbbá, hogy a gyenge életképességű borjaknál nagyobb javulást okozott a kezelés, mint a megfelelő vitalitásúaknál (13. táblázat). Bár a felállásig és a felállással való első próbálkozásig eltelt időt nem befolyásolta a kezelés, a kezelésnek ( $P=0,020$ ), az életképességnek ( $P=0,026$ ) és a kölcsönhatásuknak ( $P=0,035$ ) szignifikáns hatása volt az állással töltött időre, a leghosszabb állással töltött időszakokra és az állással töltött időszakok átlagos hosszára. Gladden és munkatársai (2019) nem találtak különbséget a kontroll és a ketoprofennel kezelt borjak aktív viselkedése (pl. állás, járkálás, játék) között a születés utáni 48 órában, azonban a szerzők a borjak életképességét nem, csak a szülészeti segélynyújtást vették figyelembe. Pearson és munkatársai (2019a) szerint a meloxicám-kezelésnek nincs hatása a fájdalom és a gyulladás élettani markereire, míg mások kimutatták a NSAID-kezelés testtömeg-gyarapodásra és a takarmányfelvétellelre gyakorolt pozitív hatását újszülött borjakban (Todd et al., 2010; Murray et al., 2016; Pearson et al., 2019b). A meloxicám-kezelés növelte a fekvéssel töltött időt tejhasznú teheneknél császármetszést (Barrier et al., 2014) és nehézellést (Swartz et al., 2018) követően is.

Bár a fekvési viselkedés hosszútávú paramétereit nem befolyásolta az ellés lefolyása [állással töltött idő ( $P=0,150$ ), a leghosszabb állással töltött időszak ( $P=0,075$ ), és az állással töltött időszakok átlagos hossza ( $P=0,090$ )], az első felállásig és az első felállással való próbálkozásig eltelt időt befolyásolta az ellés lefolyása (sorrendben  $P=0,030$  és  $P=0,025$ ), ugyanis normál elléseket követően kisebb értékeket kaptunk ( $114,2 \pm 59,6$  perc és  $35,8 \pm 27,6$  perc) a nehézellésekből született borjakhoz képest ( $208,2 \pm 82,1$  és  $52,5 \pm 34,7$  perc). Eredményeink alátámasztják a korábbi megfigyeléseket, amelyek szerint az állási képesség rosszabb a nehézellésből született borjaknál (Barrier et al., 2013) és később állnak fel (Diesch et al., 2004), mint a normál ellésből születettek.

A 2.3.1.3. fejezetben leírtuk már, hogy újszülött borjaknál a felnyalás időtartama fontos tényező a méhen kívüli élethez való hőszabályozási és élettani alkalmazkodásban. Egy korábbi vizsgálat szerint a születéstől 21 perc telt el első felállási kísérletig, és 51 perc az első sikeres felállásig (Jensen, 2012). Mi hosszabb időt figyeltünk meg a felállásig (kb. 143 perc), ami inkább Houwing és munkatársai (1990), és Campler és munkatársai (2015) megfigyeléseihez állnak közelebb, akik 88 és 152 percet írtak le az első sikeres felállásig. Azt gondoljuk, hogy a sikeres felállásig eltelt időt befolyásolja az ellést követő felnyalás (Lidfors, 1996); azonban jelen vizsgálatunkban nem találtunk összefüggést a felnyalás időtartama és a borjú első 48 órában megfigyelt állási képessége között, ami azzal magyarázható, hogy a borjakat korán elvették az anyatehéntől, így azok csak a születés után egy óráig tudták gondolni borjaikat. Bár a tehenek normál ellést követően motiváltabbak az anyai viselkedés kifejezésére, mint nehézellések után (Jensen, 2012; Rørvang et al., 2018), jelen vizsgálatban nem találtunk összefüggést az ellés lefolyása és a felnyalással töltött idő hossza között. Barrier és munkatársai (2012) szintén úgy találták, hogy az anyai viselkedést nem befolyásolja a nehézellés.

Vizsgálatunk összegzéseként elmondható, hogy az egyszeri, megszületést követően adott meloxicám-kezelés növelte az állásra való képességet alacsony életképességű borjaknál, míg normál életképesség esetén ez a hatás nem volt megfigyelhető.

**12. táblázat:** A vizsgált ellésekkel kapcsolatos változók (átlag  $\pm$  SEM) értékei a kontroll és NSAID borjak csoportjaiban

| Vizsgálati csoport | Ellés nehézségének pontszáma | A tehén ellésszáma | A borjú születési testtömege (kg) | A borjú neme |       | A borjú életképessége | A borjú felnyalásával töltött idő (perc/2 óra) |
|--------------------|------------------------------|--------------------|-----------------------------------|--------------|-------|-----------------------|------------------------------------------------|
|                    |                              |                    |                                   | Bika         | Üsző  |                       |                                                |
| Kontroll (n=90)    | 1,3 $\pm$ 0,3                | 2,3 $\pm$ 0,4      | 42,3 $\pm$ 1,4                    | 38,9%        | 61,1% | 9,6 $\pm$ 1,2         | 54,3 $\pm$ 25,4                                |
| NSAID (n=90)       | 1,4 $\pm$ 0,3                | 2,2 $\pm$ 0,3      | 40,6 $\pm$ 1,2                    | 36,7%        | 63,3% | 9,5 $\pm$ 1,3         | 62,2 $\pm$ 29,6                                |
| <i>P</i> -érték    | 0,895                        | 0,560              | 0,860                             | 0,720        | 0,815 | 0,950                 | 0,385                                          |

**13. táblázat:** A fekvési viselkedést leíró paraméterek értékei (átlag  $\pm$  SEM) a kontroll és NSAID borjak csoportjaiban

| Viselkedési mutató                               | NSAID                             | Kontroll                         | Gyenge életképességű borjak      |                                  | Cohen's <i>d</i> (95% CI) <sup>2</sup> |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|
|                                                  |                                   |                                  | NSAID                            | Kontroll                         |                                        |
| Testhelyzetváltoztatási gyakoriság (1/48 óra)    | 54,5 $\pm$ 12,1                   | 57,2 $\pm$ 13,4                  | 53,7 $\pm$ 14,3                  | 58,2 $\pm$ 16,2                  | 0,24                                   |
| Állással töltött idő (óra) *                     | <b>6,8 <math>\pm</math> 1,8</b>   | <b>6,3 <math>\pm</math> 1,5</b>  | <b>7,9 <math>\pm</math> 1,5</b>  | <b>5,2 <math>\pm</math> 1,3</b>  | 0,84                                   |
| A leghosszabb állással töltött periódus (perc) * | <b>30,4 <math>\pm</math> 10,6</b> | <b>26,4 <math>\pm</math> 9,4</b> | <b>28,7 <math>\pm</math> 6,2</b> | <b>21,0 <math>\pm</math> 5,3</b> | 0,81                                   |
| Átlagos állással töltött periódus (perc) *       | <b>8,2 <math>\pm</math> 6,0</b>   | <b>6,6 <math>\pm</math> 4,8</b>  | <b>7,5 <math>\pm</math> 4,1</b>  | <b>3,9 <math>\pm</math> 2,6</b>  | 0,75                                   |
| Az első felállásig eltelt idő (perc)             | 136,2 $\pm$ 58,2                  | 150,2 $\pm$ 66,2                 | 157,2 $\pm$ 69,0                 | 189,2 $\pm$ 84,8                 | 0,52                                   |
| A borjú első kísérlete felállni (perc)           | 28,2 $\pm$ 20,6                   | 38,2 $\pm$ 25,4                  | 39,7 $\pm$ 24,4                  | 52,2 $\pm$ 27,1                  | 0,25                                   |

\* kezelés  $\times$  életképesség interakció (szignifikánsan nagyobb értékek a NSAID-kezelésben részesült csoportban)

### 3. VIZSGÁLATOK HŐSTRESSZ-IDŐSZAKBAN

#### 3.1. Irodalmi áttekintés

A globális felmelegedés következtében a nyarak minden korábbinál melegebbek (Giannone et al., 2023), ami a morbiditás és a mortalitás emelkedését okozza gazdasági haszonállatoknál, így a szarvasmarhánál is (Morignat et al., 2015; Cox et al., 2016; Rojas-Downing et al., 2017). A napsugárzás jelentős tényező a hőstressz kialakulásában, és mind közvetlenül, mind közvetett módon növeli az állatok és azok környezetének felmelegedését, csökkentve ezzel jóllétüket és rontva a termelési mutatókat (Berman és Horovitz, 2012; Thornton et al., 2022). A hőstressz ún. biológiai költsége, azaz az alkalmazkodásra fordított és a termelési folyamatoktól elvont energia (Moberg, 1985) a nagylétszámú tejelő tehénállományokban az állomány-egészségügyi és termelési mutatók tavaszvégi és nyári időszakban tapasztalható visszaesésében mutatkozik meg (Bakony et al., 2019). A gazdasági szempontból is jelentős termelési [akár 2 kg-mal kevesebb napi tejtermelés (Reiczigel et al. 2009)] és szaporodási teljesítmény romlása mellett a hőstressz okozta diszkomfort, a gyakoribb megbetegedések, sőt, akár az elhullás kockázata miatt, az utóbbi évtizedekben világszerte és hazánkban is egyre több, az állati szervezet hőstresszhez való alkalmazkodását feltáró kutatás folyik tejelő szarvasmarhákban.

A hőstressz fogalmát nehéz meghatározni, hiszen megjelenését és mértékét az egyedi különbségek mellett a tartástechnológiából adódó különbségek is befolyásolhatják (Bernabucci et al., 2010). Egyes szerzők kitérnek a szarvasmarhafajták közötti hőstressztűrő-képességben megmutatkozó különbségekre is, amelyet az adott időjárási körülményekhez való adaptáció eltérő szintjein kívül (Wang et al., 2020; Idris et al., 2021) a különböző fajták szőrének világosságával és hosszával is összefüggésbe hoznak (pl. holstein-fríz és jersey: Hansen, 1990; Muller et al., 1993). Általánosságban akkor beszélhetünk hőstresszről, ha a környezeti hőmérséklet meghaladja azt az értéket, amelyet az állat szervezete még kompenzálni képes, vagyis, ha a szarvasmarha hőmérsékleti komfortzónáját meghaladó hőmérséklet lép fel (Collier et al., 1982; Bak és Pazsiczki, 2008). Más megfogalmazásban a hőstressz a hőtermelés és a hőleadás egyensúlyának olyan irányú eltolódása, amikor az állatot ért hőterhelés nagyobb, mint amennyi hőt leadni képes (Tao et al., 2018; Becker et al., 2020). A termoneutrális zóna az alsó és a felső kritikus hőmérséklet közötti érték. Az alsó kritikus hőmérséklet az a kritikus hőmérséklet, amely hőtermelést indukál, míg a felső kritikus hőmérséklet feletti környezeti hőmérséklet a párologási hővesztés mértékét növeli (IUPS, 2001). Mindkét esetben energiaigényes folyamatok szükségesek a homeotermia fenntartásához (Sejian et al., 2018). Korábbi hivatkozások holstein-fríz tejelő tehénekben a 0 ( $\pm 5^{\circ}\text{C}$ )– $25^{\circ}\text{C}$  közötti tartományt jelölik meg, azonban ennek határai, a tejtermelés és a hőleadást befolyásoló egyéb környezeti tényezők függvényében változhatnak (Berman, 2005).

A borjak és üszők kevesebb anyagcsere-hőt termelnek, és nagyobb testfelülettel rendelkeznek testtömegükhöz képest, így hatékonyan disszipálják a testhőt, és jobban tolerálják a hőstresszt, mint a kifejlett szarvasmarhák (West, 2003). A választás előtti borjakat higiéniai és menedzsment okokból legtöbbször egyedileg tartják, kifutóval rendelkező polietilén borjúházakban. Bár ezekben a borjúházakban a borjak szabadon választhatják meg a számukra kényelmes fekvőhelyet, a kifutón közvetlen napsugárzásnak vannak kitéve, ami hőstressz-kockázatot jelent. A borjak hőstresszre adott élettani és viselkedési válaszreakcióira vonatkozóan rendelkezésre álló kisszámú vizsgálat a választás előtti elhelyezés tartási technológiáit hasonlította össze (Hill et al., 2011; Peña et al., 2016) vagy a ketrecben nevelt borjak kiegészítő árnyékolásának hatékonyságát értékelte hagyományos (rektális hőmérséklet, légzésszám) hőstressz-mutatókkal (Coleman et al., 1996; Spain és Spiers, 1996).

## 3.2. Tejelő tehenek vizsgálata

### 3.2.1. Bevezetés és célkitűzések

A kutatás során tejelő tehenek fekvési viselkedésében és nem invazív módon mérhető élettani mutatóiban (HRV, nyál kortizol) bekövetkező változásokat igyekeztünk leírni egy viszonylag rövid, ám kifejezetten hőstresszes időszak alatt. Arra voltunk kíváncsiak, hogy a viselkedési és az élettani reakciók különböznek-e a kis és nagy tejtermelésű csoportok között. Szarvasmarhákban korábban nem vizsgálták az akut hőstresszre adott vegetatív idegrendszeri válaszokat, így kísérletünket úgy terveztük, hogy a HRV változásait a hőstressz-időszak alatt folyamatosan nyomon tudjuk követni.

### 3.2.2. Anyag és módszer

#### 3.2.2.1. Állatok és kísérleti elrendezés

A vizsgálatot a brünni Mendel Egyetem kísérleti és bemutatótelepén (Žabčice Research Enterprise, Mendel University in Brno) végeztük 2020. július 15 és 20 között, ahol egyidőben 400 tejelő tehen termelt. A kutatáshoz a kis- és nagytermelésű csoportból választottunk 10–10 állatot, amelyek napi tejtermelése 15 kg-nál kisebb, illetve 45 kg-nál több volt a vizsgálat kezdetén. A tehenek pihenőbokszos tartás mellett naponta kétszer kaptak *ad libitum* teljes takarmánykeveréket. Friss ivóvíz állandóan rendelkezésükre állt a közlekedő utak mellet elhelyezett szinttartós önitatókból.

#### 3.2.2.2. Meteorológiai változók

A hőmérséklet és a relatív páratartalom értékeit 30 percenként mértük a két csoport istállóiban a talajszint felett 1 m-rel a közlekedőút mellett (14/a ábra) és a pihenőbokszon rögzített 2–2 db VOLTcraft DL-181THP (Conrad Electronic SE, Hirschau, Németország) és Testo 175 H1 (Testo Inc., Sparta, USA) szenzorral (14/b ábra). A hőmérséklet-páratartalom indexet (HPI) a kontinentális viszonyok mellett tejelő tehenek vizsgálatához javasolt képlet szerint számítottuk ki (Bianca 1962):

$$\text{HPI} = (0,35 \times T_{\text{db}} + 0,65 \times T_{\text{wb}}) \times 1,8 + 32,$$

ahol  $T_{\text{db}}$ =száraz glóbuszhőmérséklet,  $T_{\text{wb}}$ =nedves glóbuszhőmérséklet.



**14. ábra:** A közlekedőút mellett elhelyezett Voltcraft DL-181THP (a) és a pihenőbokszon rögzített Testo 175 H1 (b) hőmérséklet-páratartalom-mérő szenzorok

### 3.2.2.3. A fekvéssel és állással töltött idő

A testhelyzetet (állás vs. fekvés) a 2.3.3.2. fejezetben leírt módon rögzítettük HOBOPendant G digitális adatgyűjtővel, majd az adatok Excelbe való exportálását követően a fekvéssel töltött időt és a testhelyzetváltoztatási gyakoriságot két 12 órás időszakra (06:00–18:00, illetve 18:00–06:00) számítottuk ki.

### 3.2.2.4. Élettani mutatók

Az R–R-adatok felvétele a hatnapos vizsgálat során folyamatos volt, és 12 órás hozzászokási idő után kezdődött meg. Az adatrögzítés a 2.2.1.2. fejezetben leírt módszertan szerint történt, csakúgy, mint a HRV elemzése. A szívritmust és az RMSSD mutatót számítottuk ki és az elemzéshez olyan ötperces időszakokat választottuk, amikor az állatok fekvő testhelyzetben voltak a pihenőbokszaiban és nem kérődztek. A legmelegebb napokon tapasztalt nagy percenkénti légzésszámok miatt a frekvenciatartományban számított HRV-mutatókat (HF, LF/HF) nem számítottuk ki, mivel a szívritmus-értékek legtöbbször nem feleltek meg az ún. Nyquist-kritériumnak (Swanson, 2011), amely szerint a szívritmusnak legalább a légzésszám kétszeresének kell lennie a spektrális elemzésre kiválasztott időszakban. Az állatok testhelyzetét a HOBOPendant G szenzorok adatai alapján, a kérődzés tényét pedig a žabčice-i telepen üzemelő éjjellátó kamerarendszer felvételei segítségével utólagosan, a HRV-elemzéssel párhuzamosan állapítottuk meg. Ezt követően a zavartalan (kérődzésmentes) fekvési időszakokhoz rendeltük a megfelelő ötperces R–R-intervallum szakaszokat.

A recés-bendő hőmérsékletének monitorozására a 2.2.3.2. fejezetben ismertetett bendőbólszrendszerrel használtuk. A bólszokat 12 órával az adatrögzítés előtt adtuk be az állatoknak, közvetlenül a Polar szívritmusmérő rögzítése után. A bendő-recés hőmérsékleti értékek rögzítése a vizsgálat alatt folyamatos volt, 10 perces adatrögzítési frekvencia mellett. Naponta egyszer, az esti fejés során olvastuk le az adatokat egy mobil leolvasó segítségével egyenként külön-külön (15. ábra).



**15. ábra:** A recés-bendő hőmérséklet adatok kiolvasása a fejőházban

A nyálmintákat reggel 7:00 és 8:00 óra, illetve délután 14:00 és 15:00 óra között vettük szintetikus tampon (Salivette cortisol, Sarstedt, Nümbrecht-Rommelsdorf, Németország) segítségével. Az állatokat óvatosan megközelítettük, míg a pihenőboksban feküdtek, majd a faruk mögött egy lánccal rögzítettük azokat. A nyálmintavétel ezt követően 30 másodpercen belül megtörtént, amit az állatok általában jól viseltek. A mintavételek után a tamponokat Salivette polipropilén-csővekbe helyeztük, melyeket a mintavétel után azonnal egy olvadó jéggel töltött hűtőtáskába tettünk. A csöveket 4°C-on tároltuk, majd a helyszínen 1000 g-vel 10 percig centrifugáltuk. Mintánként legalább 2,0 mL nyálat nyertünk, majd azt lefagyasztottuk és –20°C hőmérsékleten tároltuk a laboratóriumi elemzésig. A nyálkortizol-koncentrációk laboratóriumi meghatározása ELISA-módszerrel történt (Palme és Möstl 1997; Wagner et al., 2013).

#### 3.2.2.5. Statisztikai elemzés

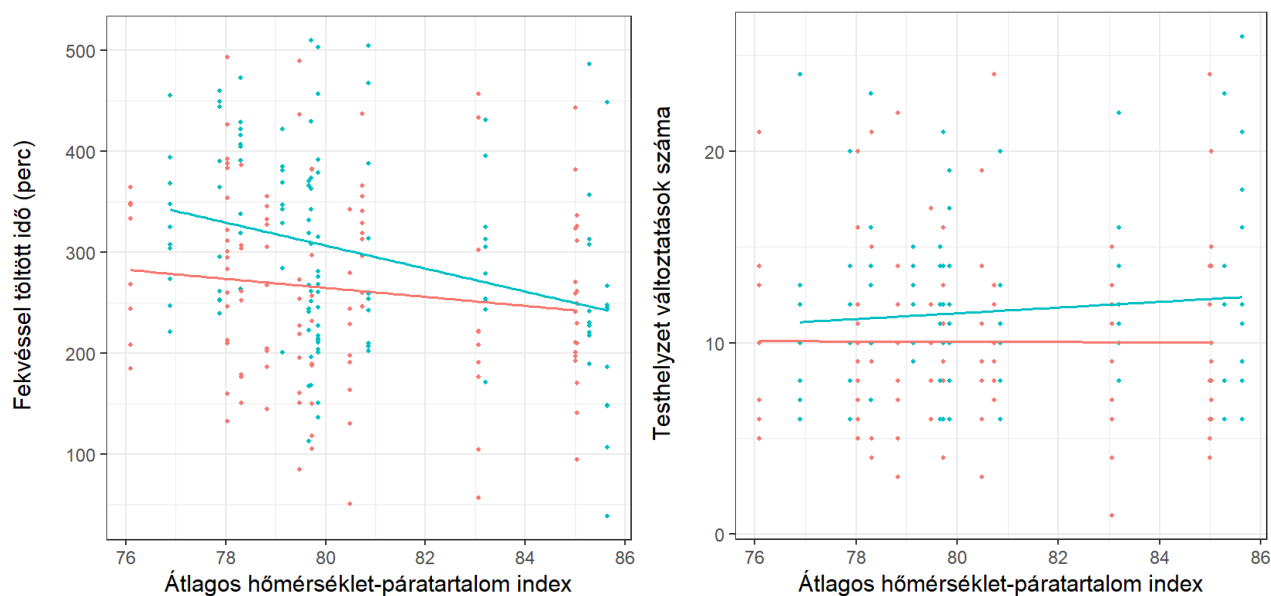
Az adatvizualizáció és a hipotézisvizsgálat az R–4.3.2. statisztikai programcsomag használatával történt, a 'ggplot2', 'nlme' és 'glmmTMB' könyvtárak parancsaival (R Core Team, 2023). Az exploratív elemzés fázisában a változók eloszlását és egymáshoz viszonyított kapcsolatát grafikusan vizsgáltuk. A modellezés során az egyes célváltozókat (HRV-paraméterek, recés-bendő-hőmérséklet, fekvési viselkedési mutatók) a termelési csoport függvényében az egy állaton végzett ismételt mérések miatt randomhatásos lineáris modellel vizsgáltuk. A fix hatások a HPI, a termelési csoport, illetve ezek interakciós tagja, a random hatás a tehén volt. A modellilleszkedést, a homoszkedaszticitást, illetve a random hatások normalitását grafikusan vizsgáltuk. Heteroszkedaszticitás, illetve a reziduumok nem normális eloszlása esetén a célváltozó logaritmus transzformációját alkalmaztuk. A modell-szelekció a nonszignifikáns tagok eltávolításával, illetve a Bayesi információs kritériumok alapján történt. A szignifikanciaszintet  $P < 0,05$ -nél határoztuk meg.

### 3.2.3. Eredmények és megbeszélés

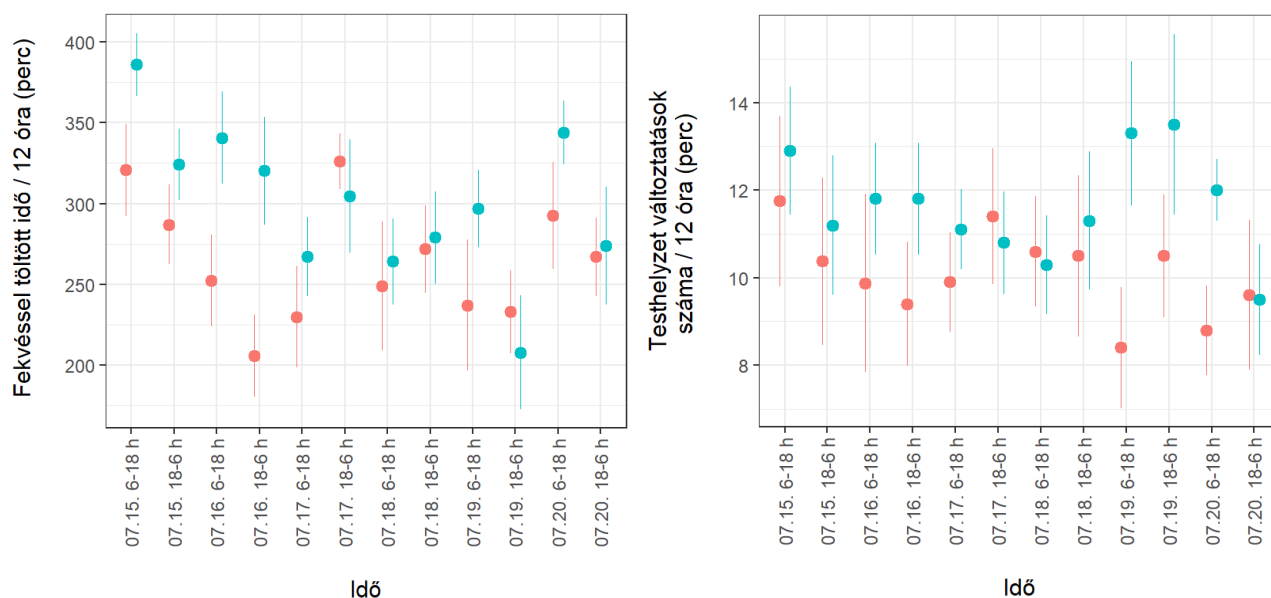
#### 3.2.3.1. Fekvési viselkedés

A fekvéssel töltött idő szignifikánsan csökkent a HPI növekedésével mindkét csoportban (16/a ábra), azonban nem volt szignifikáns változás a 12 órás időtartamokban számított testhelyzetváltoztatások átlagos számában a HPI változásaival összefüggésben ( $P=0,452$ ) és a kis- illetve nagy termelésű csoportok között sem találtunk különbséget ( $P=0,253$ ) (16/b ábra).

A nagy tejtermelésű (45 kg<) csoportban a HPI minden egységnyi növekedésével kb. 5,5 perccel csökkent a fekvési idő [a 12 órás időtartamra nézve ( $P=0,085$ ), a kis tejtermelésű (<15 kg) csoportban ez kb. 11 perc csökkenés volt ( $P=0,017$ )]. A HPI fekvéssel töltött időre gyakorolt hatása nem különbözött a két csoport között ( $P=0,060$ ). Fontos megjegyezni, hogy eredményeink a kísérletben mért HPI-tartományban érvényesek, azaz HPI 72 és 86 között. Bár vizsgálatunkat igyekeztünk a meteorológiai előrejelzések alapján úgy megtervezni, hogy az adatfelvétel egy 2–3 napos „kontroll”, azaz hősemleges időszakkal kezdődhessen, ez csak részben valósult meg, ugyanis nem sikerült kifejezetten hőkomfortos ( $HPI < 68$ ) időszakban adatot gyűjtenünk – ez lehet a vizsgálatunk egyik limitációja. Jóllehet, a két csoport között nem tudtunk különbséget kimutatni a fekvési viselkedés mutatóiban (ábrázolás az idő függvényében: 17/a és b ábra), eredményeink alapján látható, hogy a HPI növekedése mellett – egybehangzóan egy friss tanulmány eredményeivel (Ninomiya et al., 2023) – csökkent a fekvéssel töltött idő a vizsgált időszak alatt.



**16. ábra:** A fekvéssel töltött idő (a) és a testhelyzetváltoztatások száma (b) a HPI függvényében kis- (<15 kg/nap, ●, n=10) és nagytermelésű (>45 kg/nap, ●, n=10) tehenekben.

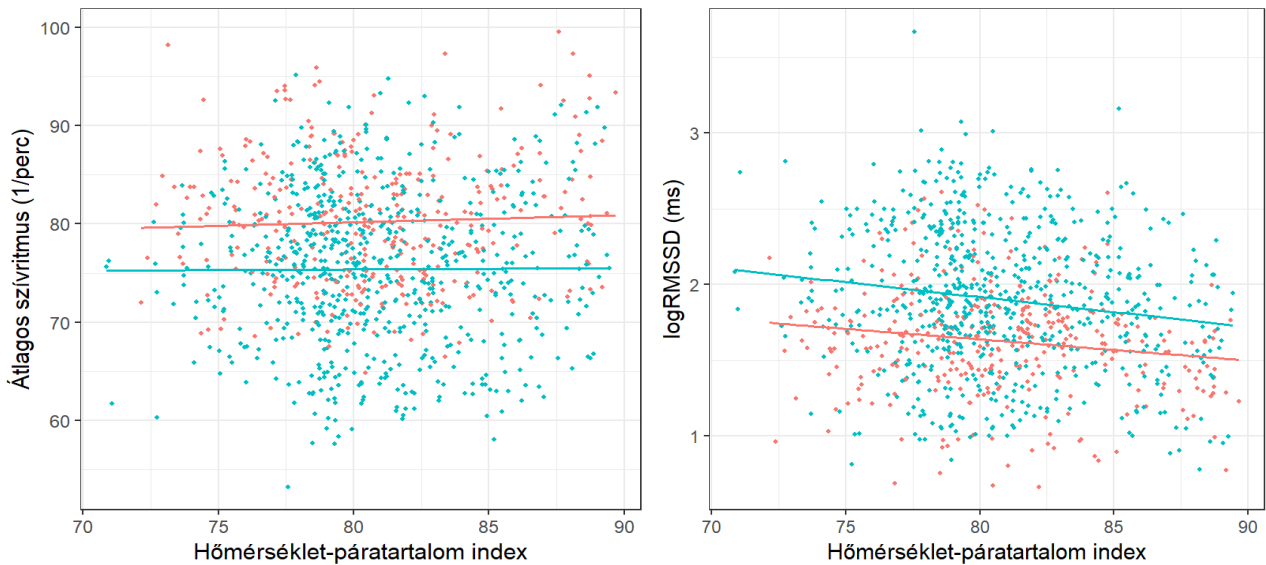


**17. ábra:** A fekvéssel töltött idő (a) és a testhelyzetváltoztatások számának (b) napszaki változása kis- (<15 kg/nap, ●, n=10) és nagytermelésű (>45 kg/nap, ●, n=10) tehenekben (átlag ± SEM).

### 3.2.3.2. Szívritmus-változékonyság

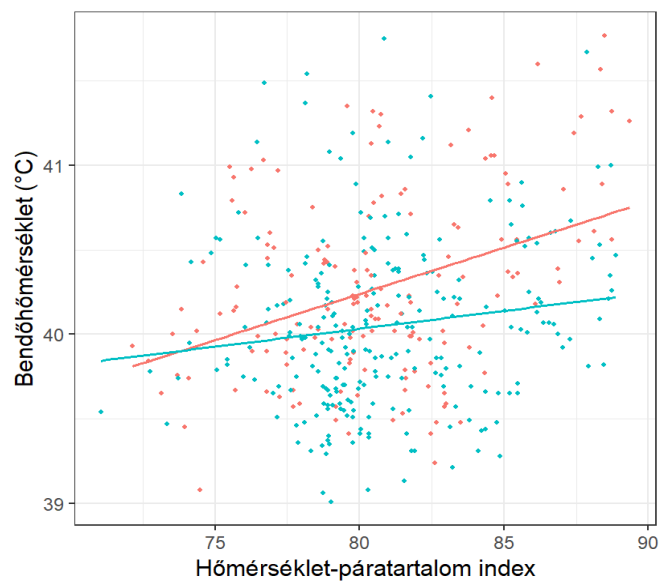
A 18. ábrán látható, hogy a 45 kg-nál nagyobb napi tejtermelésű tehenek csoportjában a vizsgálat során magasabb szívritmus-, és kisebb RMSSD-értékek voltak jellemzők a 15 kg-ot el nem érő napi tejtermelésű tehenek csoportjával összehasonlítva. Ezek a különbségek a szívritmus esetében szignifikánsak voltak ( $P=0,039$ ), az RMSSD esetében azonban nem ( $P=0,218$ ). A kisebb tejtermelésű tehenek szívritmusa átlagosan 6 szívverés/perc értékkel volt kisebb a nagy tejtermelésű tehenek szívritmusánál azonos HPI-értékek mellett (18/a ábra). Az RMSSD értékeire szignifikáns hatással

volt a HPI növekedése ( $P<0,001$ ) – a hőterhelés mértékének növekedésével párhuzamosan a vágusztónus csökkenése volt megfigyelhető (18/b ábra), amely növekvő stresszre utal.



**18. ábra:** A szívritmus (a) és az RMSSD (b) értékei a HPI függvényében kis- (<15 kg/nap, ●, n=10) és nagytermelésű (>45 kg/nap, ●, n=10) tehenekben.

Jóllehet, a bendő bólusz szenzorokat elsősorban nem a hőstressz észlelésére tervezték, és a bendő természetes napi hőmérséklet-ingadozásai ezt nehezítik (Levit et al., 2021), egy igen friss tanulmány eredményeihez hasonlóan (Woodward et al., 2024), a HPI emelkedése szignifikáns növekedést okozott a recés-bendő hőmérsékletében ( $P<0,001$  mindkét csoport esetében, 19. ábra).



**19. ábra:** A bendőhőmérséklet változása a HPI függvényében kis- (<15 kg/nap, ●, n=10) és nagytermelésű (>45 kg/nap, ●, n=10) tehenekben.

A két csoport között szignifikáns különbséget találtunk a recés-bendő hőmérsékletének növekedésében ( $P=0,032$ ), ugyanis a napi 45 kg-ot meghaladó tejtermelésű tehenek esetében ez a növekedés nagyobb volt, a 15 kg-nál kisebb napi tejtermelésű tehenekhez hasonlítva. Ez az eredményünk összhangban van több korábbi állatjólléti vizsgálat megállapításával, amelyek szerint a nagytermelésű tehenek érzékenyebbek a hőstresszre, mint kisebb tejtermelésű társaik (Kadzere et al., 2002; Kumar et al., 2011).

### 3.2.3.3. Nyálkortizol-koncentrációk

A nyál kortizol koncentrációinak napszaki átlagaiban szignifikáns különbség adódott a reggeli és a délutáni időszakban vett mintákat, illetve a két csoportot összehasonlítva egyaránt (14. táblázat).

**14. táblázat:** A nyálkortizol-koncentrációk átlag és SEM értékei a csoportok és a napszak függvényében

| Csoport                           | Nagy tejtermelésű |             | Kis tejtermelésű |             | Statisztika           |                       |                                 |
|-----------------------------------|-------------------|-------------|------------------|-------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|
| Napszak                           | 7:00–8:00         | 14:00–15:00 | 7:00–8:00        | 14:00–15:00 | <i>P</i><br>(csoport) | <i>P</i><br>(napszak) | <i>P</i><br>(csoport × napszak) |
| Nyálkortizol-koncentráció (ng/mL) | 3,3 ± 0,8         | 8,6 ± 0,8   | 1,4 ± 0,4        | 4,2 ± 0,7   | 0,006                 | <0,001                | <0,001                          |

A HRV-mutatók és a nyál kortizol koncentrációk elemzését követően kapott eredményeinket nem tudjuk összehasonlítani más szerzők eredményeivel, mert ilyen jellegű vizsgálatokat eddig nem végeztek. Mivel e vizsgálatban mindössze 10–10 állat vett részt csoportonként, eredményeinkből nem szeretnénk messzemenő következtetéseket levonni. Az azonban látszik, hogy a hőstressz, korábbi kutatások eredményeit alátámasztva hatással van tejelő tehenek fekvési viselkedésére és recés-bendő hőmérsékletére. Új eredménynek számíthat a hőterhelés növekedéssel párhuzamos paraszimpatikus aktivitáscsökkenés, illetve a nyál kortizolszintjeiben való napszakok és termelési csoportok közötti különbségek. A nagy tejtermelésű tehenek nyálmintáinak kortizolszintje mindkét napszakban nagyjából kétszerese volt a kis tejtermelésű tehenek kortizolkoncentrációinak, ami számottevő különbséget feltételez az általunk vizsgált két csoport stressz-szintjében.

### 3.3. Itatásos borjak vizsgálata

#### 3.3.1. Bevezetés és célkitűzések

Szarvasmarhákban termo-higrometrikus mutatókat használnak a mikrokörnyezet értékelésére, ezek közül is a leggyakoribb a HPI (Thom, 1959). Jóllehet, a HPI rektális hőmérsékletre (Theurer et al., 2014) vagy a légzésszáma (Peña et al., 2016) gyakorolt hatásait gyakran tanulmányozzák a tejelő típusú borjakban a forró nyári időszakokban, vizsgálatunk tervezésekor nem voltunk meggyőződve arról, hogy ez a mutató van a legszorosabb összefüggésben tejhasznú borjak stresszállapotával.

Emberekben a humidexet (Canadian Centre for Occupational Health and Safety, 2017) és a hőindexet (Anderson et al., 2013) széles körben alkalmazták a kültéri komfort térképezésére humán komfortvizsgálatokban; ezeket a mutatókat azonban még nem használták a szarvasmarhák hőmérsékleti környezetének értékelésére. A feltevésünk az volt, hogy a borjak és az ember hasonló testsúly/testfelszín-terület aránya miatt a humán komfortmutatók szorosabb összefüggést mutatnak a borjak élettani hőstressz-mutatóival, mint a HPI, amely megfelelő az istállókörnyezetben tartott és a borjakénál nagyobb testsúly/testfelszín-terület aránnyal rendelkező tejelő szarvasmarhák esetében.

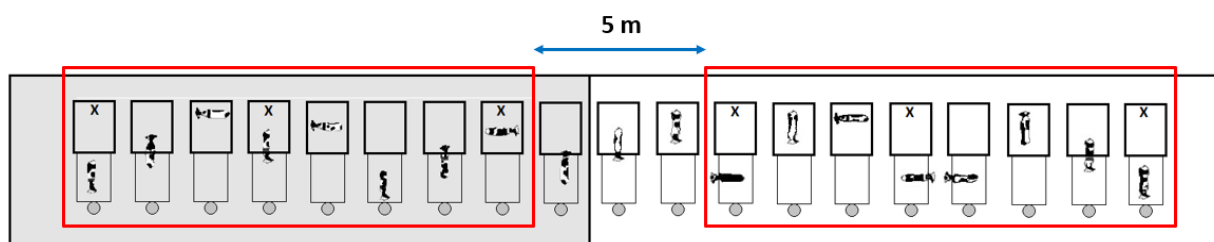
Korábbi, tejelő típusú borjakon végzett vizsgálatokban különböző típusú tartástechnológiákat (Peña et al., 2016), különböző anyagból készült borjúólakat (Lammers et al., 1996), vagy a mesterséges és a természetes árnyékolás stressz-csökkentő hatását hasonlították össze (Lima et al., 2013) – ehhez azonban csak a rektális hőmérsékletet és a légzésszámot használták a hőstressz mutatóiként. Bár a hőstressz-okozta viselkedési válaszokat egy új tanulmányban már vizsgálták (Dado-Senn et al., 2022), nem találtunk olyan komplex adatgyűjtésen alapuló kutatást, amely tejhasznú borjakban a hőstresszre adott rövidtávú válaszokat vizsgálta volna. Ezért további célunk volt, hogy a hőstressz hatásait a vegetatív idegrendszeri aktivitással összefüggő HRV-mutatókkal is kutassuk, és értékeljük a nyál kortizol koncentrációit is a komplex fekvési viselkedés elemei mellett. Árnyékolt és nem árnyékolt környezetben mértük ezeket a mutatókat, bikaborjakban.

#### 3.3.2. Anyag és módszer

##### 3.3.2.1. Állatok és kísérleti elrendezés

A vizsgálatot a Prograg Agrárcentrum Kft tehenészetben végeztük 2016. augusztus 17 és 22 között (a vizsgálat során árnyékban mért hőmérséklet: átlag/min/max 25,3/21,6/38,8°C). A Polar szívritmusról mérő műszerekhez való 24 órás akklimatizáció során állítottuk fel az árnyékoló szerkezetet az árnyékolt és a napos holstein-fríz borjak fölé. A vizsgálat helyszínén az állatokat 1,65 × 1,20 m-es műanyag borjúházakban helyezték el 1,60 m<sup>2</sup>-es kifutóval. Hasonló életkorú és testtömegű állatokat (átlag ± SD; életkor=46,7 ± 2,4 nap, testtömeg=74,3 ± 2,6 kg) választottunk ki egy héttel a választás előtt ugyanabból a sorból, majd osztottuk az árnyékolt (n=8) és a napos (n=8) csoportokba.

Az akklimatizációt követően, az első vizsgálati napon (kontroll, 28,3°C maximális hőmérséklet a borjúketrecekben) minden borjú kapott árnyékolást 0:00 órától 24:00 óráig, majd a napos csoport ketrecai fölül 24:00 órakor eltávolítottuk az árnyékolást. Az árnyékolószerkezet 32,5 × 3,4 m volt és lefedte a vizsgálatban résztvevő borjúházakat és azok kifutóját is. Azt követően, hogy az árnyékolás nélküli borjak fölül eltávolítottuk az árnyékolót, a vizsgálat hátralévő időszakában nyolc borjúketrec közvetlen napsütésnek volt kitéve az árnyékolt környezettől 5 méterre (20. ábra). Az árnyékolást a talajtól 1,9 m-re elhelyezett zöld árnyékolóháló (Nortene Texanet, Celloplast S.A.S, Ballée, France) biztosította, amely a gyártó szerint 80%-os árnyékolást ad (21. ábra).



**20. ábra:** Az árnyékolt (balra) és az árnyékolásban nem részesült (jobbra) borjak ketreceinek elrendezése. Az „X” azokat a borjúketrecek jelöli, amelyek a hőmérsékletet és a páratartalmat mérő eszközökkel voltak ellátva a borjúketrec és a kifutó környezetében egyaránt.



**21. ábra:** Az árnyékolt és a közvetlen napsütésnek kitett borjak az árnyékoló eltávolítását követően.

**Fotó:** Kézér Fruzsina Luca

A 2–3. napok voltak a 'hőstresszes napok' ( $37,7^{\circ}\text{C}$ , illetve  $34,3^{\circ}\text{C}$  maximális hőmérséklet az árnyékolt környezetben), a 4–5. nap a hőstresszt követő időszak ( $26,5^{\circ}\text{C}$ , illetve  $24,3^{\circ}\text{C}$  maximális hőmérséklet az árnyékolt környezetben). Mindkét csoport 05:00 és 16:00 órákor kapott tejet, emellett borjú indítótáp (Vitafort Zrt., Dabas, Magyarország), lucernaszéna és friss ivóvíz *ad libitum* állt a borjak rendelkezésére. A takarmányozás a vizsgálat ideje alatt nem változott.

### 3.3.2.2. Meteorológiai változók

A hőmérsékletet és a relatív páratartalmat 30 percenként mértük a borjúházban elhelyezett VOLTcraft DL-181THP (Conrad Electronic SE, Hirschau, Németország) és a kifutókban a talaj felett 1 méterrel az árnyékolószerkezetre szerelt Testo 175 H1 (Testo Inc., Sparta, USA) eszközökkel.

A borjak tartózkodási helyét (borjúketrec vagy kifutó) két éjjel-nappali hálózati kültéri csőkamera (Vivotek IP8331, VIVOTEK Inc., Tajvan) videofelvételei alapján határoztuk meg a megfelelő meteorológiai és élettani mutatók későbbi kiválasztásához az elemzés során. A HPI-értékek kiszámítása a következőképpen történt:

$$\begin{aligned} \text{HPI-1} &= (0,15 \times T_{\text{db}} + 0,85 \times T_{\text{wb}}) \times 1,8 + 32 \text{ (Bianca, 1962)}, \\ \text{HPI-2} &= (0,35 \times T_{\text{db}} + 0,65 \times T_{\text{wb}}) \times 1,8 + 32 \text{ (Bianca, 1962)}, \\ \text{HPI-3} &= (0,55 \times T_{\text{db}} + 0,2 \times T_{\text{dp}}) \times 1,8 + 49,5 \text{ (NRC, 1971)}, \\ \text{HPI-4} &= 0,8 \times T_{\text{db}} + (\text{RH}/100) \times (T_{\text{db}} - 14,4) + 46,4 \text{ (Mader et al., 2006)}, \\ \text{HPI-5} &= (T_{\text{db}} + T_{\text{wb}}) \times 0,72 + 47 \text{ (Thom, 1959)}, \end{aligned}$$

ahol  $T_{\text{db}}$ =száraz glóbuszhőmérséklet,  $T_{\text{wb}}$ =nedves glóbuszhőmérséklet,  $T_{\text{dp}}$ =harmatponti hőmérséklet és RH=relatív páratartalom.

A humán vizsgálatokban a kültéri hőexpozíció mérésére gyakran használt humidex kiszámításához a levegőhőmérsékletet és a harmatponti hőmérsékletet használtuk (Gosling et al., 2014):

$$\text{Humidex} = T + 5/9 \times (e-10),$$

ahol:  $T$ =levegőhőmérséklet Celsius-fokban és  $e=6,112^{5417.7530 \times ((1/273.16)-(1/T_{\text{dp}}))}$

A humán élettani vizsgálatokban és öltözködéstudományban alkalmazott hőindex (melyet „látszólagos hőmérsékletnek” is neveznek) kiszámítása az NWS (National Weather Service, 2017) algoritmusával történt, amely Fahrenheit-fokban fejezi ki a hőindexet többszörös regresszió-analízis alapján (Rothfusz 1990).

### 3.3.2.3. Fekvéssel és állással töltött idő

A testhelyzetet a 2.3.3.2. vizsgálatban leírt módon rögzítettük HOB0 Pendant G adatgyűjtővel, majd az adatok Excelbe való exportálását követően a fekvéssel töltött időt és a lefekvés gyakoriságot 4 órás időszakokra számítottuk ki.

### 3.3.2.4. Élettani mutatók

A percenkénti légzésszámot fekvő testhelyzetű borjakon számoltuk meg a Spain és Spiers (1996) által leírt módon, 4 órás gyakorisággal. A rektális hőmérsékletet közvetlenül a légzésszám felvétele után mértük, digitális hőmérővel (Digi-Vet SC 12; Jørgen Kruuse A/S, Langeskov, Dánia). A fül felületi hőmérsékletének méréséhez a Testo 830 T2 (Testo SE & Co. KGaA, Lenzkirch, Németország) infravörös hőkamerát használtuk a rektális hőmérséklet mérése után (22. ábra).

Az EKG egymást követő R–R-távolságait folyamatosan rögzítettük POLAR V800 és POLAR RS800CX szívritmus-vevőkészülékekkel és POLAR H10 jeladókkal, amelyeket a mérések megkezdése előtt 24 órával rögzítettünk a borjakra, elegendő hozzászokási időt biztosítva. A HRV elemzése a 2.2.1.2. fejezetben leírt módszertan szerint történt, azonban ebben a vizsgálatban csak a szívritmust és az RMSSD paramétert határoztuk meg annak érdekében, hogy a 3.2.2.4. fejezetben leírt Nyquist-kritérium teljesülhessen (Swanson, 2011).

A nyálmintákat 4 órás időközönként vettük egy szintetikus tampon (Salivette cortisol, Sartstedt, Nümbrecht-Rommelsdorf, Németország) segítségével. Ezt követően a tamponokat Salivette polipropilén csövekbe helyeztük, melyeket a mintavétel után azonnal olvadó jég közé tettünk. A csöveket 4°C-on tároltuk, majd 1000 g-vel 10 percig centrifugáltuk azokat. Mintánként legalább 1,5 mL nyálát nyertünk, majd lefagyasztottuk és –20°C hőmérsékleten tároltuk az elemzésig. A kortizol-koncentrációk laboratóriumi meghatározása a 2.3.2.2. fejezetben leírtak szerint történt.



**22. ábra:** A fül felületi hőmérsékletének mérése Testo 830 T2 infravörös hőmérővel (balra), Polar szívritmusmérő rögzítése egy kísérleti állaton adatletöltést követően (jobbra).

**Fotó:** Dr. Kovács Levente

#### 3.3.2.5. Statisztikai elemzések

A statisztikai számításokat az R-3.4.2 statisztikai környezetben végeztük (R Core Team 2017). A szignifikanciaszint minden elemzés esetében  $P < 0,05$  volt.

#### *Meteorológiai mutatók*

Az árnyékolás által a borjúketrec és a kifutó mikroklímájára (környezeti hőmérséklet, THI) gyakorolt hatást kéttényezős faktoriális ANOVA-val, majd a Tukey-Kramer *post-hoc* teszttel vagy Student-féle *t*-próbával hasonlítottuk össze a napos és az árnyékolt környezetben. A független változók a környezet (árnyékolt vs. nem árnyékolt) és az adatfelvételi időszakok voltak (0:00–4:00, 4:00–8:00, 8:00–12:00, 12:00–16:00, 16:00–20:00, 20:00–24:00).

#### *A HPI felső kritikus értékei*

A HPI felső kritikus értékeit az ún. 'piecewise' lineáris regressziós modellek segítségével határoztuk meg (Muggeo et al., 2008). A modellben a nap, a napszak és a borjú elhelyezkedése (ól vagy kifutó) véletlen tényezőként szerepeltek. Két elfogadott módszer létezik az esetünkben a felső kritikus értéket jelző, ún. 'töréspont' létezésének tesztelésére. Az egyik a két lejtő közötti különbség tesztelése a Davies-teszttel. A másik módszer az Akaike információs kritérium (AIC, Akaike information criterion) segítségével mért modellek illeszkedési jóságát számítja ki (Muggeo et al., 2008). Ezeket az elemzéseket a „szegmentált R csomag” használatával végeztük.

### *Fekvési viselkedés*

A fekvéssel töltött idő napi változásait lineáris kevert modellekkel hasonlítottuk össze, a vizsgálati csoportokat és a 4 órás mintavételi periódusokat rögzített faktorként beállítva. Az adatok Poisson-eloszlása és a kis mintaszám miatt a lefekvések gyakoriságát a csoportok között a Poisson-regresszió illesztésével hasonlítottuk össze. A modell fix tényezőként a csoportot (árnyékolt vs. napos) és a napszakot (nappali: 8:00–20:00; éjszakai: 20:00–8:00) tartalmazta. A viselkedési paramétereket (fekvéssel töltött idő, testhelyzetváltoztatások gyakorisága) a modellek mindegyikében függő változóként szerepeltettük, a borjút pedig random hatásként. A csoportok összehasonlítása a Fisher-típusú z-transzformáció alapú z-teszttel történt,  $P < 0,05$  szignifikanciaszint mellett.

### *Élettani változók*

Az adatok varianciáinak egyezőségét Levene-teszttel, míg a normal eloszlást Shapiro–Wilk-teszttel értékeltük. Az árnyékolás légzésszáma, rektális hőmérsékletre, szívritmusra és RMSSD-re gyakorolt hatását kéttényezős faktoriális ANOVA-val vizsgáltuk. Az összes mért élettani adatot felhasználtuk függetlenül attól, hogy a borjak a kifutón vagy a borjúházban tartózkodtak-e. A magyarázó változó a környezet volt (árnyékolt vs. nem árnyékolt). A csoportok közötti páros összehasonlításra a Tukey–Kramer *post-hoc* tesztet vagy a Student-féle *t*-tesztet használtuk.

Az árnyékolt és a nem árnyékolt borjak nyálkörtizol-koncentrációit lineáris kevert modellekkel hasonlítottuk össze, fix hatásként a csoportot és a mintavételi időt (0:00, 4:00, 8:00, 12:00, 16:00, 20:00) használva. Minden modellben a borjú random hatásként szerepelt. A csoportok összehasonlítása a Fisher-féle z-transzformációon alapuló z-teszttel történt,  $P < 0,05$  szignifikanciaszint mellett.

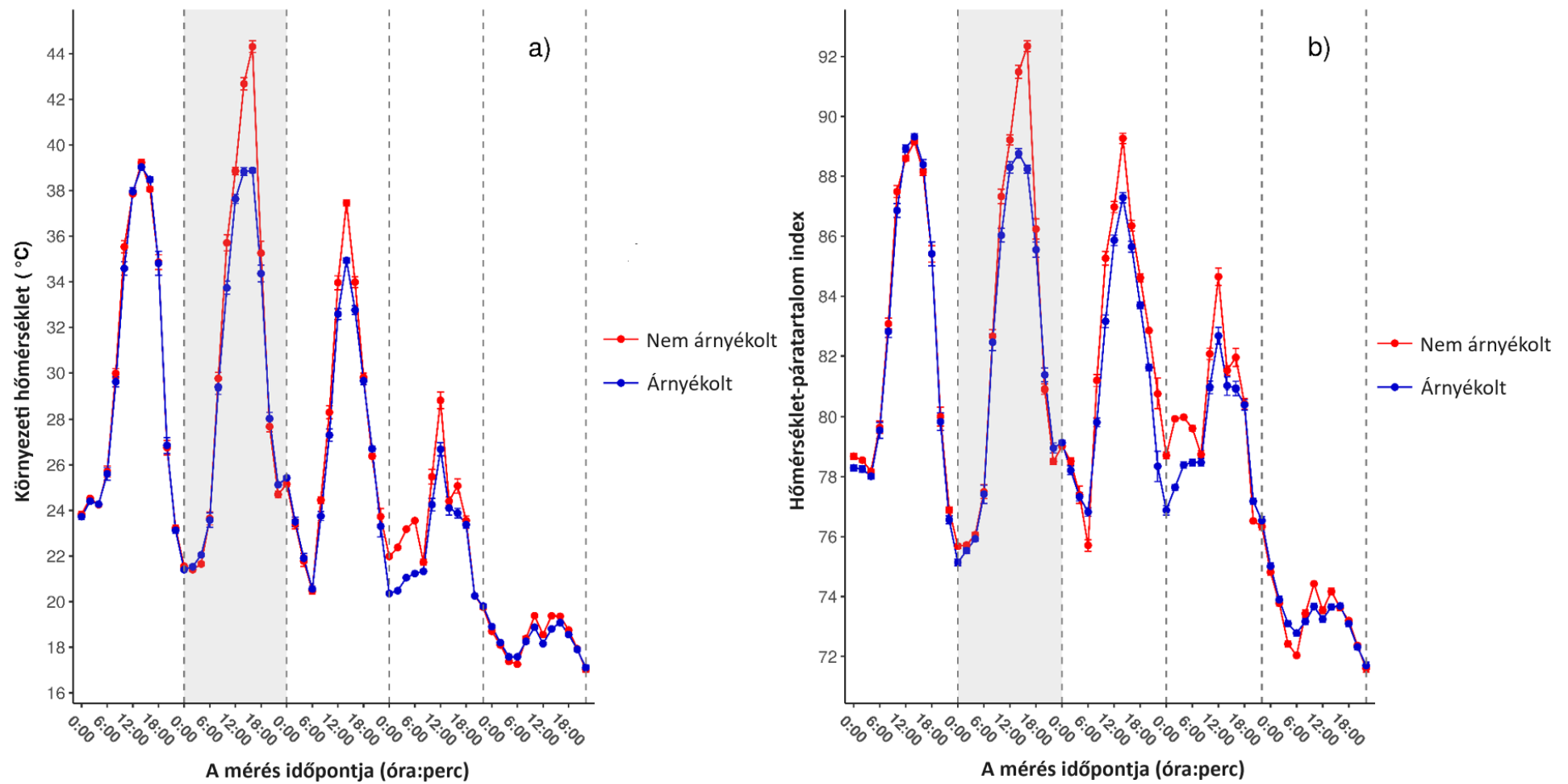
### *Összefüggés-vizsgálatok*

Az élettani mutatók mintázása idején a borjú tartózkodási helye szerinti (borjúketrechen vagy a kifutóban) hőmérséklet és relatív páratartalom értékeit választottuk ki a meteorológiai mutatók kiszámításához. A feltételes  $R^2$ -értékeket általános lineáris kevert modellekkel nyertük a REML (restricted maximum likelihood) eljárás (Kenward és Roger 1997; Nakagawa és Schielzeth 2013) szerint, ahol a meteorológiai mutatók fix hatásként, az élettani paraméterek pedig függő változóként szerepeltek. Az 5 napos vizsgálati időszak során ismételt mérésekkel nyert értékeket figyelembe véve az összes modell a borjút és a mintavétel idejét tartalmazta véletlen hatásokként. A feltételes  $R^2$ -értékeket a fix és a véletlen hatások által együttesen megmagyarázott varianciaként értelmeztük. A fix hatások statisztikai szignifikanciáját Satterthwaite (1946) közelítő módszerével vizsgáltuk.

## **3.3.3. Eredmények és megbeszélés**

### **3.3.3.1. Hőmérséklet és HPI**

Nem találtunk különbséget a hőmérséklet- és HPI-értékek kifutóban és borjúházban mért értékei között. Az 1. napon (kontroll) nem találtunk különbséget a HPI maximális ( $74,2 \pm 0,1$  vs.  $74,5 \pm 0,1$ ;  $P = 0,930$ ) és napi átlag-értékei ( $69,8 \pm 0,1$  vs.  $69,5 \pm 0,1$ ;  $P = 0,945$ ) között az árnyékolt és napos csoportokban. A környezeti hőmérséklet- és a HPI-értékek alapján az állatok extrém hőterhelésnek voltak kitéve a 2. és a 3. napon (23. ábra).



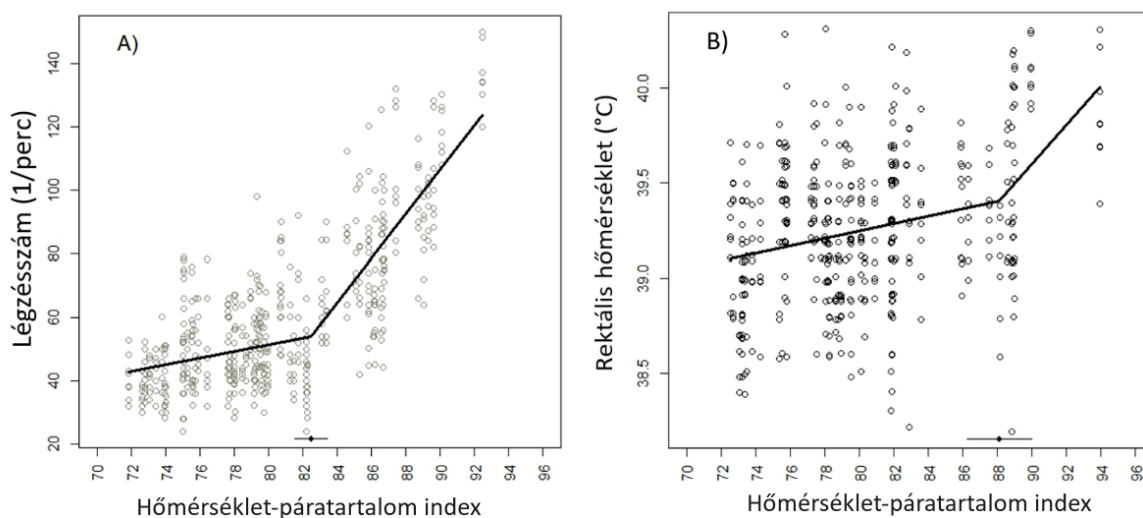
**23. ábra:** A környezeti hőmérséklet (a) és a hőmérséklet-páratartalom index (b) változásai árnyékolt (●, n=8) és közvetlen napsugárzásnak kitett (●, n=8) borjúházakban erős, rövidtávú hőstressz során és azt követően.

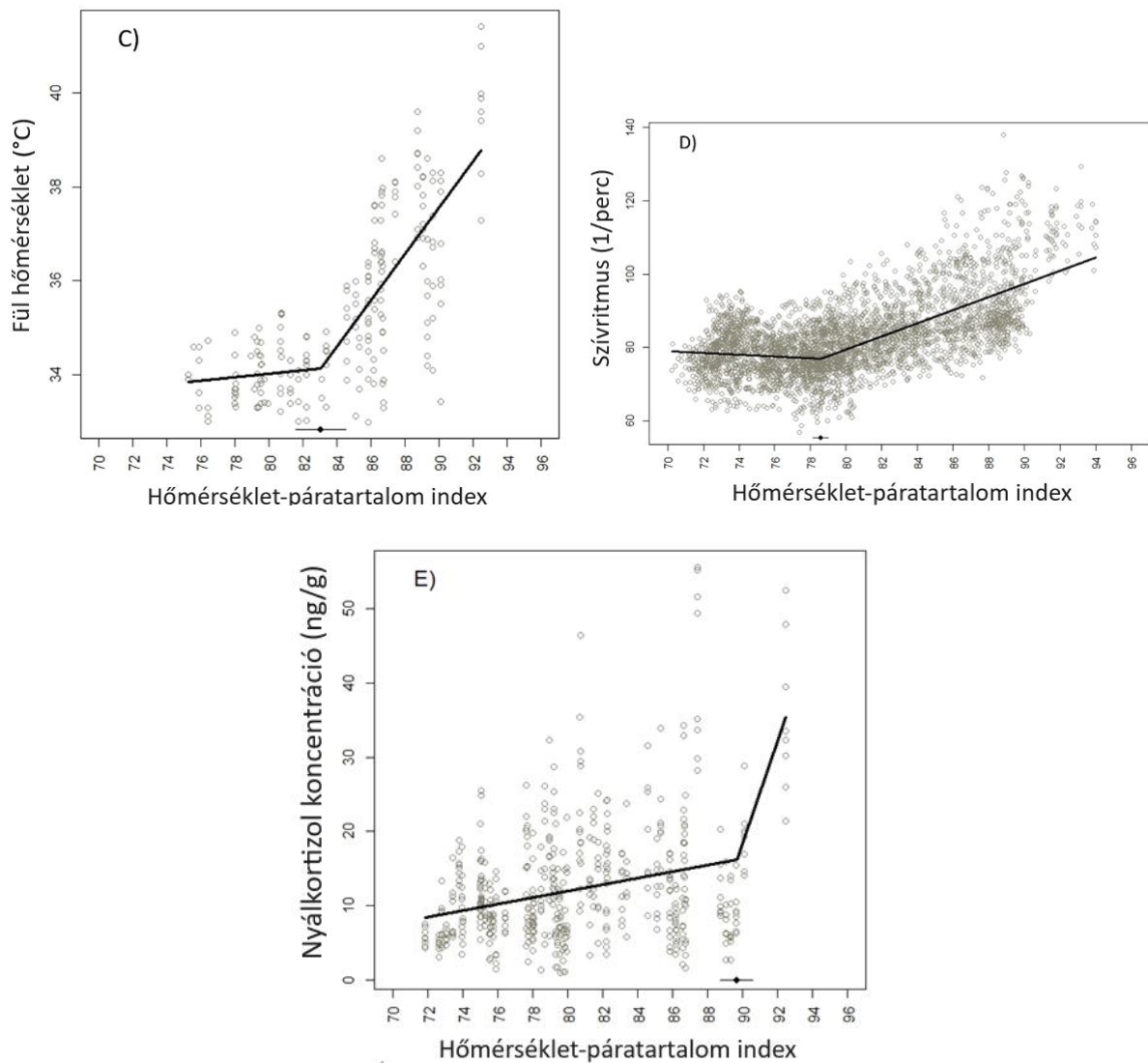
Az első és a második szaggatott függőleges vonal közötti szürke terület a legmelegebb napot (2. nap) jelöli. Az értékeket átlag  $\pm$  SEM formában adtuk meg.

A 2. vizsgálati napon, a napsugárzásnak kitett borjúházat környezetében a HPI 16:00 órakor mért maximuma ( $86,4 \pm 0,1$  vs.  $78,2 \pm 0,1$ ;  $P < 0,001$ ) és napi átlagértéke ( $78,1 \pm 0,1$  vs.  $71,3 \pm 0,1$ ;  $P = 0,011$ ) is meghaladta az árnyékolt környezetben mért értékeket. Hasonló különbségeket figyeltek meg, a környezeti hőmérsékletben kereskedelmi forgalomban lévő, árnyékolt borjúketrecekénél is rövidebb nyári melegek során (Coleman et al., 1996; Spain és Spiers, 1996). A 2. naphoz hasonlóan a HPI szintén 16:00 órakor mért maximális ( $82,3 \pm 0,1$  vs.  $74,5 \pm 0,1$ ;  $P = 0,002$ ) és napi átlagértéke ( $74,7 \pm 0,1$  vs.  $68,3 \pm 0,1$ ;  $P = 0,011$ ) a 3. napon is nagyobb volt a napos környezetben, mint az árnyékoltban ( $P = 0,003$  és  $P = 0,014$ ). Hasonló, de mérsékelt különbségeket találtunk a 4. vizsgálati napon is a HPI maximum ( $78,5 \pm 0,1$  vs.  $73,7 \pm 0,1$ ;  $P = 0,015$ ) és napi átlagértékeiben ( $71,4 \pm 0,1$  vs.  $66,5 \pm 0,1$ ;  $P = 0,026$ ). Az 5. vizsgálati napon a maximális és a napi átlagos HPI-érték a napos és az árnyékolt környezetekben sorrendben  $71,0 \pm 0,1$  vs.  $69,5 \pm 0,1$  és  $64,2 \pm 0,1$  vs.  $63,7 \pm 0,1$  voltak, és szignifikáns különbséget nem tapasztaltunk a két környezet között ( $P = 0,526$  és  $P = 0,545$ ).

### 3.3.3.2. Felső kritikus HPI-érték

A teljes vizsgálati időszak során regisztrált, különböző élettani mutatók minden egyes valid értékéhez tartozó felső kritikus HPI-értékeket és a 'töréspontok' grafikus ábrázolását a 24. ábrán mutatjuk be. A legalacsonyabb felső kritikus HPI-értéket a szívritmushoz kapcsolódóan találtuk (78,3). Érdekes módon, a percenkénti légzésszáma számított töréspont alapján borjaknál csak 82,4 HPI értéknél kezdett jelentkezni a hőstressz. Ez az eredmény szemben áll a korábbi, tehenekre vonatkozó megfigyelésekkel (Berman et al., 1985), amely szerint a hőstressz kezdetén az állatok első reakciója a hőségre a légzésszám növelése. A felső kritikus HPI-érték 88 fölött volt a rektális hőmérséklet és a nyálkortizol-koncentráció esetében is. Bár a töréspont szignifikáns volt, a rektális hőmérséklet görbéje kevésbé változott az összes többi paraméterhez képest (15. táblázat).





**24. ábra:** A percenkénti légzésszám (a), a rektális- és (b) fülhőmérséklet (c), a szívritmus (d) és a nyálkortizol-koncentrációk (e) illesztett profilja a vizsgált holstein-fríz bikaborjakban.

Az elérhető szakirodalmakat tanulmányozva, érdekes módon, eddig még nem határozták meg borjaknál azt a kritikus HPI-értéket, amely fölött a hőstressz tünetei jelentkeznek. Vizsgálatunkban a rektális hőmérséklet legfeljebb 0,88°C-kal haladta meg a testhőmérséklet egy hónapos borjakban normálisnak tartott értékét [39,2°C (Piccione et al., 2003)] a legmagasabb, 94-es HPI-érték mellett. Valószínű, hogy a rektális hőmérséklet ennél extrémebb emelkedését csak akkor lehetne látni, amikor a HPI értéke tartósabban a szélsőséges tartományban marad.

A HPI felső kritikus értékét tehenekben 38,5°C-os rektális hőmérsékletnél határozták meg (Dikmen és Hansen 2009). A tejtermelés csökkenése alapján tejelő teheneknél a 72 és 74 közötti (Bohmanova et al., 2007) és 72 HPI-értékeket (Gantner et al., 2011) tekintettek kritikusnak, míg Costa és munkatársai (2015) ezt 72 és 78 között határozta meg azt a percenkénti légzésszám és a rektális hőmérséklet alapján. A vizsgálatunkban mért élettani mutatók változásai alapján beigazolódott az a feltételezésünk, amely szerint az itatásos borjak hőstressztűrőképessége meghaladja a tejelő szarvasmarhák hőstressztűrőképességét.

**15. táblázat:** A szegmentált lineáris regressziós modellek által becsült töréspontok, illetve a bal és jobb oldali meredekség értékei a vizsgált élettani változók esetében

| Élettani változók                 | Statisztikai mutatók <sup>1</sup> |                       |                        |                              |                    |                     |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------|
|                                   | Töréspont                         | Bal oldali meredekség | Jobb oldali meredekség | <i>P</i> -érték <sup>1</sup> | AIC L <sup>2</sup> | AIC PL <sup>2</sup> |
| Légzési frekvencia (1/perc)       | 82,4 ± 0,8                        | 0,08 ± 0,23           | 0,15 ± 0,10            | 0,040                        | 3862,4             | 3823,1              |
| Rektális hőmérséklet (°C)         | 88,1 ± 1,0                        | 0,02 ± 0,01           | 0,10 ± 0,03            | 0,039                        | 395,8              | 388,8               |
| Fül hőmérséklet (°C)              | 83,0 ± 0,5                        | 0,87 ± 1,4            | 0,02 ± 0,01            | 0,024                        | 538,2              | 533,3               |
| Szívritmus (1/perc)               | 78,3 ± 0,7                        | −0,97 ± 0,55          | 1,64 ± 0,09            | <0,001                       | 3116,7             | 3058,4              |
| Nyál kortizol koncentráció (ng/g) | 88,8 ± 0,3                        | 0,28 ± 0,08           | 6,0 ± 0,58             | <0,001                       | 3134,4             | 3034,1              |

<sup>1</sup> A Davies' teszt által kapott *P*-értékek a törésponttól bal, illetve jobb irányba számított meredekségek eltérése alapján.

<sup>2</sup> Az AIC (Akaike információs kritérium) különbsége a lineáris regressziós modell (AIC L) és a páronkénti lineáris regressziós modell (AIC PL) között a modellek illeszkedésének megfelelőségére utal.

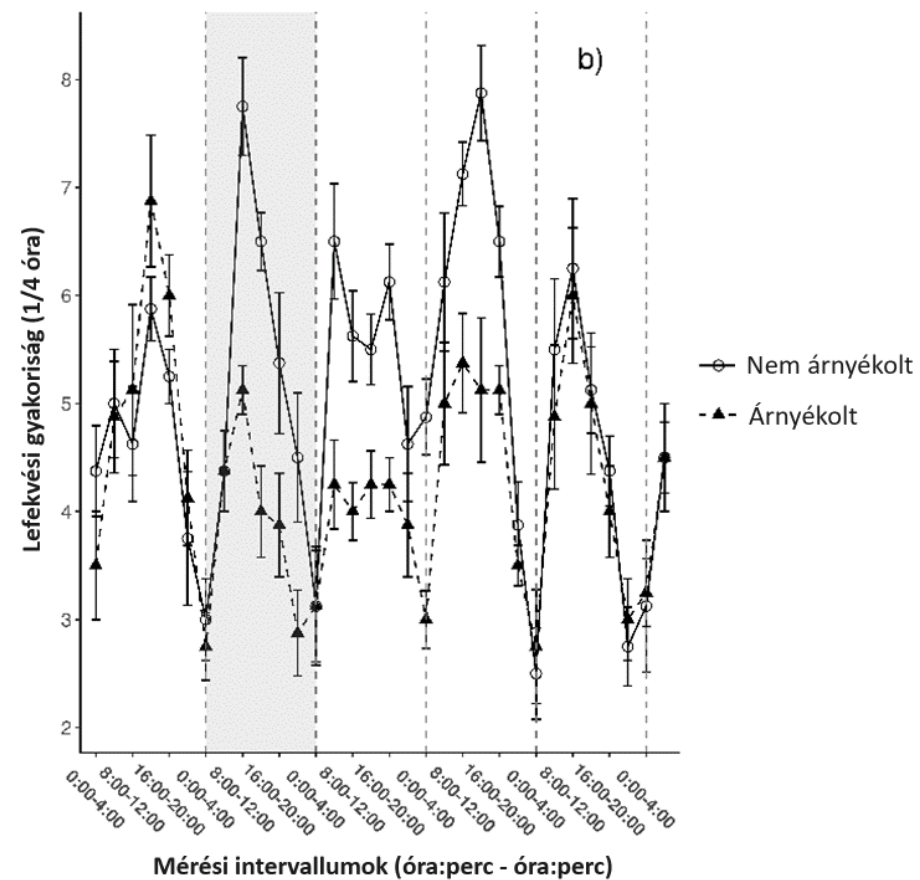
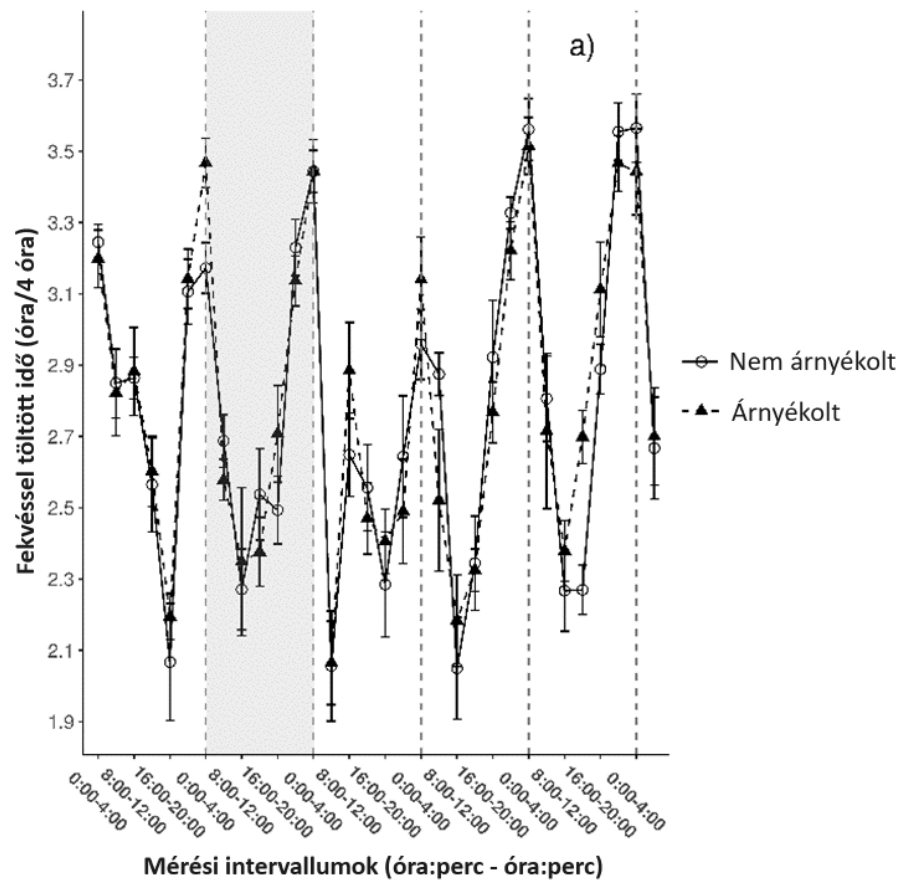
### 3.3.3.3. Fekvési viselkedés

Eredményeink alapján a fekvéssel töltött idő és a lefekvési gyakoriság napszaki mintázatot mutat egyedi ketrecekben tartott borjaknál, amelyet befolyásol az akut hőstressz. Egy friss vizsgálatban bár a testhelyzetváltoztatások gyakoriságát nem vizsgálták, azt megállapították, hogy a borjak az éjszakai időszakban több időt töltenek az oldalukon fekve, a minél hatékonyabb hőleadás érdekében, mint a nappali órákban (Dado-Senn et al., 2022). Jelen vizsgálatunkban a fekvéssel töltött idő délután és este nőtt, és maximumát 0:00 és 4:00 között érte el (25/a ábra). A 2. és a 3. napon a fekvéssel töltött idő 4:00 és 8:00 óra között csökkent ( $P < 0,001$  mindkét nap és csoport esetében). A lefekvések gyakorisága hasonló mintázatot mutatott mindkét csoportban az 1. napon (kontroll), nappal 32%-kal magasabb értékkel, mint éjszaka ( $P = 0,003$ ). A 2., 3. és 4. napon 8:00 és 20:00 óra között a lefekvési gyakoriság sorrendben 50%, 33%, és 41%-kal volt magasabb, mint éjjel ( $P < 0,001$ ,  $P = 0,011$ , és  $P < 0,001$ ). A vizsgált bikaborjakban a hőstressz okozta diszkomfort mellett valószínűleg a hőmérséklet napszaki változása és a délutáni etetésre való várakozás (De Vries et al., 2005) is befolyásolhatta a megfigyelt aktivitási mintázatokat.

Szignifikánsan nőtt a lefekvési gyakoriság napközben a napos ketrecekben tartott borjaknál a 2., 3. és 4. napon (25/b ábra). Az első napon az árnyékolás nem befolyásolta a lefekvési gyakoriságot ( $P = 0,551$ ). A 2. vizsgálati napon a nem árnyékolt borjak 88,4%, illetve 76,6%-kal gyakrabban változtattak testhelyzetet 8:00–12:00 és 12:00–16:00 között, mint az árnyékoltak ( $P < 0,001$  mindkét napszakban), míg a 3. napon a 8:00–12:00 órás (71,2%), illetve a 4. napon a 12:00–16:00 órás (76,6%) időintervallumokban hasonló különbségeket találtunk ( $P = 0,003$  és  $P = 0,001$ ; sorrendben). A legmelegebb napszakokban megfigyelt nagyobb lefekvési gyakoriság a nem árnyékolt ketrecekben lévő borjaknál a hőstresszre adott rövidtávú alkalmazkodási viselkedést tükrözi (Gaughan et al., 2009). Az 5. napon a borjak 44%-kal gyakrabban változtattak testhelyzetet nappal, mint éjszaka ( $P < 0,001$ ); azonban a csoportok között nem találtunk különbséget ( $P = 0,732$ ). Eredményeink megfelelnek a felnőtt szarvasmarhánál tapasztaltakkal, miszerint hőstressz esetén gyakran változtatnak testhelyzetet, ezzel elősegítve a testfelületen keresztüli hőleadást (Anderson et al., 2013; Allen et al., 2015).

A hőstresszre adott viselkedési és élettani reakciókkal foglalkozó korábbi tanulmányok körülbelül 10%-a az álló helyzetet alkalmazta a hőstressz indikátoraként kifejlett szarvasmarhákban (Galán et al., 2018), míg egy újabb tanulmány a fekvéssel töltött időt tartotta a leghasznosabbnak a hőstressz-állapotot leírására tejlő tehenekben (Ninomiya et al., 2023). Utóbbi szerzők az éjszakai fekvéssel töltött idő és a HPI összefüggését is vizsgálták, és a regressziós elemzés HPI 75 értéknél mutatott töréspontot, ekkor kezdett el szignifikánsan csökkenni a fekvéssel töltött idő. A jelen vizsgálatban a kiegészítő árnyékolás csökkentette a lefekvési gyakoriságot azokon a napokon, amelyeken a HPI maximuma 78 fölött volt. Azonban nem tapasztaltunk különbséget az árnyékolt és a napos környezetben tartott borjak fekvéssel töltött ideje között. Bár a lefekvési gyakoriság nagyobb volt a nem árnyékolt borjaknál, viszonylag rövid időt töltöttek állva, így ez nem befolyásolta a lefekvéssel töltött idő teljes hosszát. A nem árnyékolt ketrecekben a borjak a napsütéses órákban inkább a borjúházakban tartózkodtak, mint a kifutóban, a korlátozott hely miatt általában fekvő testhelyzetben.

Mivel az állatok a stresszre elsőként viselkedésükkel reagálnak, ami a leghatékonyabb módja az alkalmazkodásnak (Moberg, 2000), eredményeink alapján a lefekvési gyakoriság automatikus rögzítése ígéretes megoldás lehet az akut hőstressz korai felismerésére egyedileg tartott borjaknál. Úgy gondoljuk, hogy az akut hőstressz alatt tapasztalható viselkedési mintázatok további kutatása hozzájárulhat ahhoz, hogy megfelelőbb tartási körülményeket tudjunk biztosítani a borjak számára melegebb éghajlati körülmények között.



**25. ábra:** Árnyékolt ( $\blacktriangle$ ,  $n=8$ ) és közvetlen napsugárzásnak kitett ( $\circ$ ,  $n=8$ ) környezetben tartott itatásos holstein-fríz bikaborjak fekvési idejének (a) és lefekvési gyakoriságának (b) változásai erős, rövidtávú hőstressz során és azt követően.

Az első és a második szaggatott függőleges vonal közötti szürke terület a legmelegebb napot (2. nap) jelzi. Az értékeket átlag  $\pm$  SEM formában adtuk meg.

#### 3.3.3.4. Élettani változók

A légzésszám, a rektális hőmérséklet és a szívritmus általában hasonló mintázatot mutatott a teljes vizsgálat során, napközbeni növekedéssel és éjszakai csökkenéssel (26/a–b és 27/a ábra), míg az RMSSD nappal csökkent és éjszaka nőtt az árnyékolt és a napos környezetben tartott borjak esetében (27/b ábra).

A légzésszám 12:00 órakor érte el a maximumát mindkét csoportban (26/a ábra), a minimumértékek pedig 00:00 és reggel 08:00 óra között adódtak. A tejelő típusú borjak esetében nyáron kapott korábbi eredményekkel (Spain és Spiers, 1996; Lima et al., 2013) összhangban a délután folyamán nagyobb légzésszámot figyeltünk meg a napos környezetben tartott, mint az árnyékolt borjakban, ami a 2. napon 08:00, 12:00 és 16:00 órakor, a 3. napon 12:00 és 16:00 órakor, a 4. napon pedig 12:00 órakor szignifikáns mértékű volt (26/a ábra). Nedves szubtrópusi éghajlaton 15:00 órakor az árnyékolással ellátott borjaknak átlagosan 10 légvétel/perc értékkel kisebb volt a légzésszáma, mint a nem árnyékolt borjaknak (Spain és Spiers, 1996). Vizsgálatunkban a nem árnyékolt borjak légzésszáma a legmelegebb napon (2. vizsgálati nap) 12:00 órakor  $42,3 \pm 3,2$  légvétel/perc értékkel több volt, mint az árnyékolt borjaké ( $P=0,001$ ), amely különbség 16:00 órára  $20,1 \pm 2,4$  légvétel/perc értékre mérséklődött ( $P=0,024$ ). Meg kell jegyezni, hogy vizsgálatunkban a 2. napon szélsőségesen nagy maximális hőmérsékleti értékeket mértünk a nem árnyékolt környezetben ( $44,3^{\circ}\text{C}$  a borjúházban, és  $46,7^{\circ}\text{C}$  a kifutón).

A rektális hőmérséklet maximuma 12:00, illetve 16:00 órakor  $0,48^{\circ}\text{C}$ -kal, illetve  $0,88^{\circ}\text{C}$ -kal haladta meg az árnyékolt, illetve az árnyékolással el nem látott borjak esetében a 2. napon az egyhónapos tejelő típusú borjak felső kritikus maghőmérsékletét, ami  $39,2^{\circ}\text{C}$  (Piccione et al., 2003). A minimumértékek 08:00 órakor voltak mérhetők mindkét csoport esetében, ezekkel párhuzamosan csökkent a hőterhelés a korareggeli órákban (26/b ábra). A rektális hőmérsékletben talált egyetlen csoportok közötti különbség ( $0,59^{\circ}\text{C}$ -kal több volt az árnyékolásban nem részesített, mint az árnyékolt borjak esetében,  $P=0,045$ ) a 2. napon 12:00 órakor volt megfigyelhető, amikor a HPI meghaladta a 94-et. Eredményeinkkel összhangban, korábbi vizsgálatok sem találtak számottevő különbségeket az árnyékolással ellátott és abban nem részesített borjak reggeli vagy délutáni órákban mért rektális hőmérsékletében (Coleman et al., 1996; Spain és Spiers, 1996).

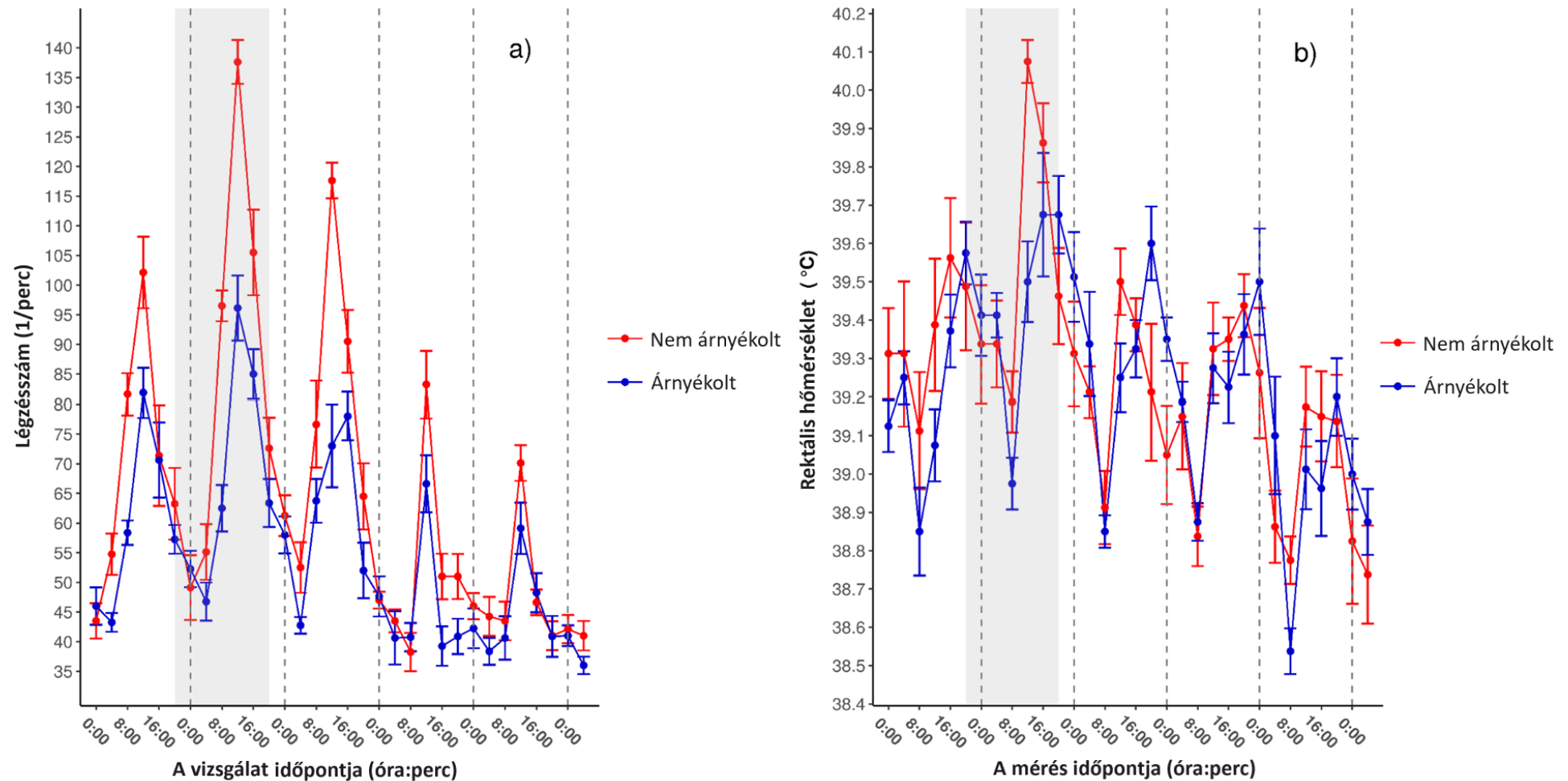
A szívritmus és az RMSSD változásai alapján kijelenthető, hogy a legmelegebb napon a borjak – függetlenül az árnyékolástól – nagy hőterhelésnek (stressznek) voltak kitéve. A szívritmus napközben nőtt, 12:00 és 14:00 között érte el a maximumát, és a minimumértékek 02:00 órakor voltak megfigyelhetők mind az árnyékolással ellátott, mind az árnyékolás nélküli borjakban a vizsgálat során, az 5. nap kivételével, amikor 04:00 órakor mértük a minimumokat (27/a ábra). A szívritmus még 16:00 órakor is magas maradt, amikor a légzésszám gyorsan csökkenni kezdett (26/a ábra). Korábban hasonló jelenségről számot be Bianca (1958), aki azt tapasztalta, hogy abban a fázisban, amikor a légzés lassabbá és mélyebbé vált, a szívritmus fiatal borjaknál nem csökkent. A délutáni órákban észlelt tartósan magas szívritmus a légzőizmok fokozott aktivitásának és hőtermelésének az eredménye lehetett az erőltetett, ún. „második fázisú légzés” során.

A 2. és a 3. napon az árnyékolásban nem részesített borjak szívritmusa 08:00 és 20:00 óra között magasabb volt, mint az árnyékolt borjaké (27/a ábra). A csoportok közötti különbségek 08:00 órakor ( $18,2 \pm 1,2$  szívverés/perc,  $P=0,008$ ), 12:00 órakor ( $22,3 \pm 1,4$  szívverés/perc,  $P=0,003$ ), 16:00 órakor ( $15,3 \pm 0,8$  szívverés/perc,  $P=0,012$ ) és 20:00 órakor ( $19,0 \pm 1,1$  szívverés/perc,  $P=0,010$ ) is szignifikánsak voltak. Érdekes módon egy tejelő típusú borjakon klímakamrákban ( $29,4^{\circ}\text{C}$ -tól  $40,0^{\circ}\text{C}$ -ig terjedő napi hőmérsékletek mellett) végzett vizsgálat szerint a hőmérsékletnövekedés nem volt hatással szívritmusra (O'Brien et al., 2010).

Az RMSSD nappal drasztikusan csökkent a 2. napon mindkét csoportban, és a minimumértékek 12:00 és 16:00 óra között adódtak, csökkent vágus-aktivitást és stresszt jelezve mindkét környezetben. A 2. napon az RMSSD minimuma a napos környezetben 14,3 ms-mal ( $P=0,005$ ), az árnyékolt környezetben 5,1 ms-mal ( $P=0,025$ ) volt kisebb, mint a kontroll napon (27/b ábra).

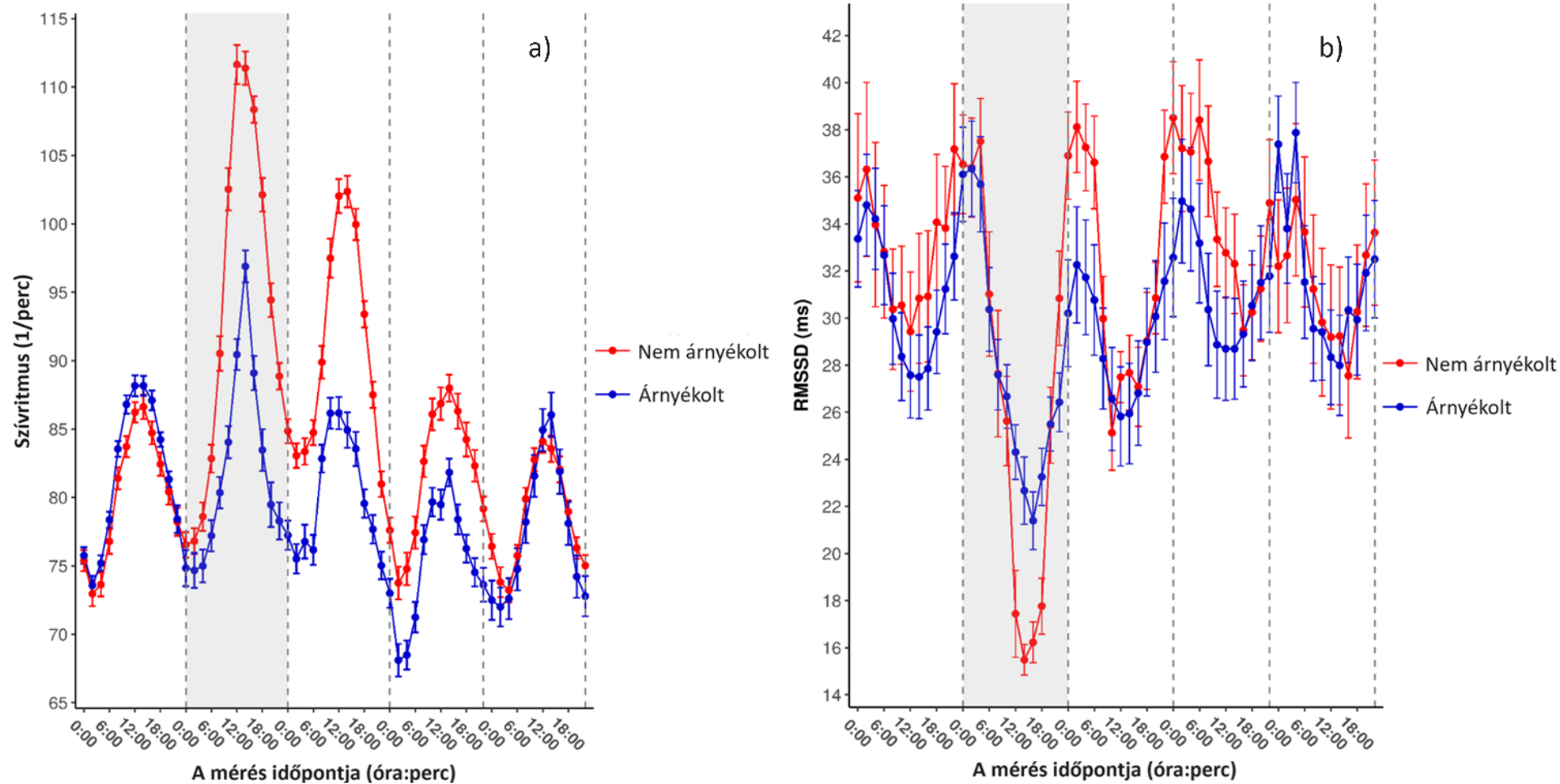
A hőstressz napján 12:00, 14:00 és 16:00 órákor kisebb RMSSD-értékek voltak megfigyelhetők a napos környezetben tartott borjakban az árnyékoltakhoz képest ( $P=0,012$ ,  $P=0,04$ ,  $P=0,010$ , sorrendben). A 2. napon bekövetkezett drasztikus, és a 3. napon észlelhető mérsékelt nappali csökkenést az RMSSD-értékek éjszakai túlkompenzációja követte 00:00 és 06:00 óra között az árnyékolás nélküli borjakban (27/b ábra), a csoportok közötti különbségek azonban már nem voltak szignifikánsak. A csökkent éjszakai szívritmusértékek melletti növekvő éjszakai RMSSD fokozott vágus-aktivitást tükröz a 2. és a 3. nap, valamint a 3. és a 4. nap 22:00 és 06:00 óra között, ami a vegetatív idegrendszer hőstresszből való lassú helyreállítását jelzi. Úgy tűnik, hogy az RMSSD változásai alátámasztják azt az elméletet, hogy az éjszakai helyreállási időszak nélkülözhetetlen a túlzott hőterheléssel való sikeres megküzdéshez (Scott et al., 1983; Hahn és Mader, 1997).

Mivel a csoportok közötti különbségek az összes paraméter esetében csökkentek a 4. napon, és az 5. napon tovább mérséklődtek, és mindkét napon az élettani tartományon belül voltak, vizsgálatunkban a hőstressz krónikus fiziológiai következményeinek fennállása nem volt feltételezhető.



**26. ábra:** Árnyékolt (●, n=8) és közvetlen napsugárzásnak kitett (●, n=8) környezetben tartott itatásos holstein-fríz bikaborjak percenkénti légzésszáma (a) és rektális hőmérséklete (b) erős, rövidtávú hőstressz során és azt követően.

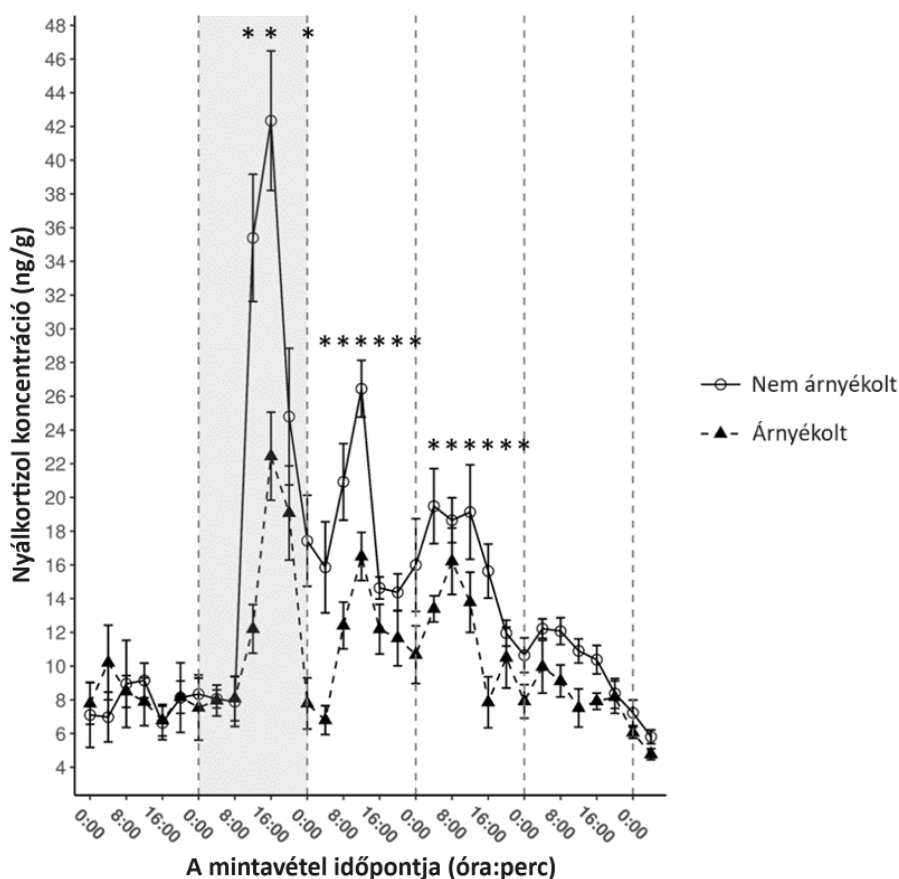
Az első és a második szaggatott függőleges vonal közötti szürke terület a legmelegebb napot (2. nap) jelöli. Az értékeket átlag  $\pm$  SEM formában adtuk meg.



**27. ábra:** Árnyékolt (●, n=8) és közvetlen napsugárzásnak kitett (●, n=8) környezetben tartott itatásos holstein-fríz bikaborjak szívrítmus- (a) és RMSSD-értékei (b) erős, rövidtávú hőstressz során és azt követően.

Az első és a második szaggatott függőleges vonal közötti szürke terület a legmelegebb napot (2. nap) jelöli. Az értékeket átlag  $\pm$  SEM formában adtuk meg.

A nyál kortizolszintjei hasonlóan alakultak az árnyékolt és a nem árnyékolt környezetben az 5 napos kísérlet során (28. ábra). A kontroll napon a nyálkortizol-koncentrációk az árnyékolt borjak esetében 6,5 és 10,2 ng/g, a nem árnyékolt borjakban pedig 6,7 és 9,3 ng/g között változtak, csekély egyedi különbségekkel, a csoportok között pedig nem voltak különbségek. A 2., a 3. és a 4. napon szignifikáns mértékű nappali növekedés és éjszakai csökkenés volt megfigyelhető mindkét csoportban. A 2. napon a nyál kortizolszintjei mindkét csoportban kiegyensúlyozottak voltak 8:00 óráig, ezt követően a 12:00 órai mintavételig hirtelen nőttek, ennek mértéke az árnyékolt borjaknál 51%-os, a nem árnyékolt borjaknál 342%-os volt ( $P=0,586$ , illetve  $P<0,001$ ), majd a kortizolszintek mindkét csoportban 16:00 órákor érték el a csúcskoncentrációkat (28. ábra). A nem árnyékolt borjakban 12:00, 16:00 és 24:00 órákor nagyobbak voltak a kortizol-koncentrációk ( $P<0,001$ ,  $P<0,001$ , illetve  $P=0,046$ ), mint az árnyékolt borjakban, és a csoport, valamint a mintavételi idő között szignifikáns kölcsönhatást találtunk ( $F_{5,70}=8,00$ ,  $P<0,001$ ). A 2. napon 16:00 óra után a nyál kortizol-koncentrációja csökkent mind az árnyékolt ( $P=0,886$ ), mind a napos környezetben ( $P<0,001$ ), és a legkisebb értékeket ( $6,9 \pm 0,7$ , illetve  $16,0 \pm 2,3$  ng/g) a 3. napon 4:00 órákor érte el (28. ábra). A 4. napon a nyál kortizol-koncentrációi mindkét csoportban hasonló változásokat mutattak, mint a 3. napon. A csoportok közötti különbségek a 3. és a 4. napon egészen 24:00 óráig szignifikánsak maradtak ( $P<0,001$  minden minta esetében), míg az 5. napon a csoportok között nem voltak különbségek.



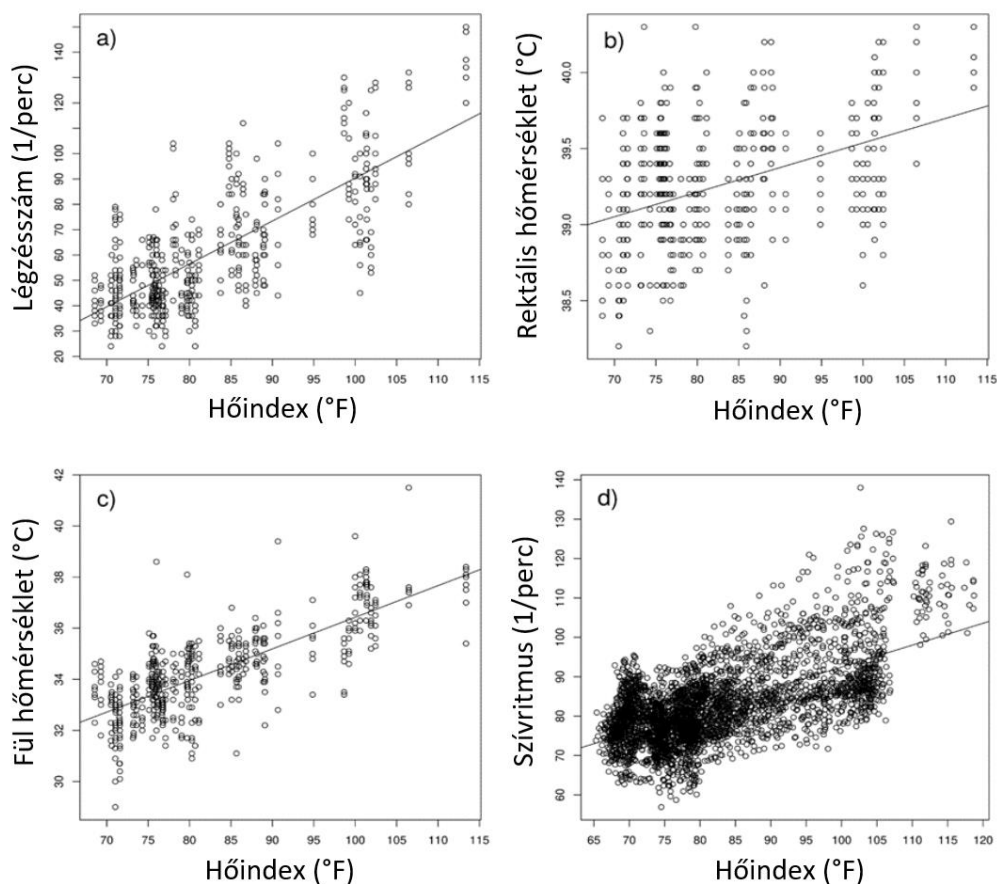
**28. ábra:** A nyálkortizol koncentrációjának változása árnyékolt ( $\blacktriangle$ ,  $n=8$ ) és közvetlen napsugárzásnak kitett ( $\circ$ ,  $n=8$ ) környezetben tartott itatásos holstein-fríz bikaborjakban erős, rövidtávú hőstressz során és azt követően.

Az első és a második szaggatott függőleges vonal közötti szürke terület a legmelegebb napot (2. nap) jelöli. Szignifikáns különbségek a csoportok között:  $*P < 0,05$ . Az értékeket átlag  $\pm$  SEM formában adtuk meg.

A nyál kortizolszintjei nagyobb stresszterhelést jeleztek a nem árnyékolt környezetben tartott borjakban. A 2. és a 3. napon minden borjú szélsőséges hőterhelésnek volt kitéve. A nyálkortizol-koncentrációk változásai követték a HPI változásait. A 2. napon 16:00 órakor mért nyálkortizolszintek az árnyékolt borjakban 200%-kal, a nem árnyékolt borjakban 500%-kal nagyobbak voltak, mint az 1. napon 16:00 órakor mért koncentrációk. Eredményeink azt mutatják, hogy a legmagasabb kortizolszintek a legnagyobb hőterhelés (12:00 és 16:00 óra között) után 2–4 órán belül alakulnak ki, de a jelen vizsgálatban a mintavétel viszonylag alacsony gyakorisága nem tette lehetővé a csúcshatások pontos meghatározását. A kortizolszintekre gyakorolt, kísérletesen előidézett hatások megakadályozása érdekében igyekeztünk csökkenteni a borjakkal való érintkezések számát.

### 3.3.3.5. A meteorológiai és élettani változók közötti összefüggések

A hőindex és az élettani mutatók közötti összefüggéseket a 29. ábra szemlélteti. Az élettani mutatók értékei erős pozitív korrelációt mutattak a meteorológiai paraméterekkel. Minden modell  $P < 0,001$  szinten szignifikáns volt. A hőindex és a humidex szorosabb összefüggést mutatott az élettani mutatókkal, mint a környezeti hőmérséklet vagy a HPI-értékek. A hő- és az élettani indexek közötti pozitív összefüggés szorossága a HPI-1-től a HPI-5-ig nőtt (16. táblázat), valószínűleg a száraz glóbuszhőmérséklet progresszíven növekvő súlyozása miatt [a hazánkat is jellemző kontinentális régiókban, a száraz glóbusz hőmérséklet fontosabb a hőexpozíció mérésében, mint a harmatponti hőmérséklet, Reiczig et al., 2009)].



**29. ábra:** Összefüggések a hőindex és a légzésszám (a), a rektális hőmérséklet (b), a fülhőmérséklet (c) és a szívritmus (d) között borjúketrecben nevelt tejelő típusú borjakban.

**16. táblázat:** A meteorológiai és az élettani változókhoz illesztett általános lineáris modellekkel kapott feltételes  $R^2$ -értékek holstein-fríz borjakban

| Élettani változók           | Meteorológiai mutatók |             |       |       |       |       |       |         |             |
|-----------------------------|-----------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------------|
|                             | Relatív páratartalom  | Hőmérséklet | HPI-1 | HPI-2 | HPI-3 | HPI-4 | HPI-5 | Humidex | Hőindex     |
| Légzési frekvencia (1/perc) | 0,78                  | 0,78        | 0,80  | 0,81  | 0,81  | 0,82  | 0,83  | 0,85    | <b>0,87</b> |
| Rektális hőmérséklet (°C)   | 0,48                  | 0,52        | 0,51  | 0,51  | 0,53  | 0,55  | 0,57  | 0,60    | <b>0,63</b> |
| Fülhőmérséklet (°C)         | 0,62                  | 0,63        | 0,63  | 0,64  | 0,64  | 0,65  | 0,66  | 0,68    | <b>0,70</b> |
| Szívritmus (1/perc)         | 0,67                  | 0,70        | 0,70  | 0,71  | 0,72  | 0,73  | 0,74  | 0,75    | <b>0,78</b> |

A feltevésünk az volt, hogy mivel a borjak testsúly/testfelszín-terület aránya hasonló az emberéhez, a humán hőkomfort vizsgálatokban használt indexekkel jobban jellemezhető a tejelő típusú borjakat érő hőstressz, mint a környezeti hőmérséklettel vagy a felnőtt szarvasmarhák esetében jellemzően használt HPI-értékekkel. Eredményeink igazolták e feltevés helyességét. Egy korábbi vizsgálat a HPI-2-t találta a hőstressz legérzékenyebb termális paraméterének egy kontinentális klímájú területen tejelő tehenekben (Reiczigel et al., 2009). Emberek esetében a hőindex jó korrelációt mutatott a kültéri hőexpozícióval (Anderson et al., 2013). A kültéri borjúketrecek termális körülményei szintén különböznek a tehenek tartására használt magasabb relatív páratartalmú környezettől, melyet az istállóban működtetett permetező berendezések idéznek elő.

A borjakon végzett korábbi vizsgálatok csak a rektális hőmérsékletet, a légzésszámot (Lima et al., 2013; Peña et al., 2016) vagy ezek mellett még a fülhőmérsékleteket mérték (Spain és Spiers, 1996) és a HPI-t használták környezeti változóként. Vizsgálatunk kontinentális régióban történt, ahol napközben jellemzően alacsony volt a relatív páratartalom, míg a korábbi vizsgálatok trópusi (Lima et al., 2013) vagy nedves szubtrópusi (Peña et al., 2016) környezetben zajlottak. Emiatt megfigyeléseink közvetlenül nem hasonlíthatók össze a korábbi vizsgálatok eredményeivel.

Az élettani stresszmutatókkal megfigyelt szoros összefüggés alapján tejelő típusú borjak jóllétével kapcsolatos további vizsgálatokban, kontinentális klimatikus viszonyok mellett a humidex és a hőindex használatát is javasoljuk. Ettől függetlenül, a humán hőkomfort értékmérőinek a borjak jóllétének meghatározására való alkalmazhatóságát tovább kell vizsgálni a hőstressz megelőzését célzó tökéletesebb menedzsment módszerek kidolgozása érdekében. Megjegyezzük továbbá, hogy jóllehet, jelen vizsgálatban megállapítottuk, hogy a hőindex van a legszorosabb összefüggésben a borjakon mérhető stresszmutatókkal, ezt megelőzően, a 3.3.3.1. fejezetben mégis a HPI-értékeivel jellemeztük a borjak termális mikrokörnyezetét, és a 3.3.3.2. fejezetben a felső kritikus értékeket is a HPI esetében határoztuk meg. Ennek oka a tejelő tehenekben eddig széleskörben vizsgált felső kritikus HPI-értékekkel való összehasonlíthatóság volt.

## 4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Segélynyújtás nélküli ellés esetén jellegzetes változások következnek be a vegetatív idegrendszeri működést leíró szívritmus-változékonyság mutatókban az ellés előtti és utáni időszakban egyaránt. A paraszimpatikus aktivitás csökkenése már az ellés előtti nyugtalanság viselkedési tüneteinek megjelenése előtti 12–24 óra között, illetve azt megelőzően egy órával tapasztalható. A kitolási szakaszban jelentős vágusz-aktivitás növekedés figyelhető meg.
2. Az elhúzódó nem nehéz ellés növeli a paraszimpatikus vegetatív idegrendszeri aktivitást az ellés során, és csökkenti a szimpatikus aktivitást, de nem befolyásolja a szívritmust. A vágusz-aktivitás csökken, míg a szimpato-paraszimpatikus egyensúly értéke a szimpatikus aktivitás irányába tolódik el az újszülött borjak nagyobb testtömegével.
3. A csoportos elletés előnyösebb az elletőbokszos elletésnél az anyaállatot érő stressz és a korai anyai viselkedés szempontjából az egyedi bokszban való elletéssel összehasonlítva. A csoportos ellés kedvező hatással van az anyaállat ellés utáni egészségére és a borjak túlélésére is.
4. A megfelelően időzített ellési segélynyújtás nem növeli számottevően tejelő tehenek stressz-szintjét az ellés körüli időszakban, sőt, az anyaállat egészségi állapotát és az újszülött borjak életképességét sem befolyásolja. A szükségesnél korábban megkezdett szülészeti segélynyújtás növeli az anyaállat ellés alatti stressz-szintjét és a vegetatív idegrendszer egyensúlyának helyreállításához szükséges időt, továbbá negatívan hat az anyai viselkedés kifejeződésére.
5. A nehezen ellett tehenekben a kérődzéssel töltött idő nagyobb mértékben csökken az ellést megelőzően, mint a nem nehézellésen átesett tehenekben. Az ellést követően a kérődzéssel töltött idő szignifikánsan később tér vissza az élettani értékre a nehezen ellett tehenekben a nem nehezen ellett tehenekkel összehasonlítva.
6. Az évszak, az ellés hossza és a felnyalás hossza jelentős mértékben befolyásolja a vénás vér-gáz- és sav-bázis paramétereket újszülött borjakban az élet első 24 órájában.
7. A nehézellésből született borjak nyál kortizolszintjére magasabb, mint a nem nehézellésből született borjaké. Az első felállásig és az első felállással való próbálkozásig több idő telik el nehézellésből született borjakban, mint nem nehézellésből születetteknél.
8. Az egyszeri, megszületést követő meloxikám-kezelés növeli az állással töltött idő, a leghosszabb állással töltött időszak és az átlagos állással töltött idő hosszát az élet első 48 órájában gyenge életképességű borjaknál. Az egyszeri meloxikám-kezelésnek ilyen hatása nem figyelhető meg normál életképességű borjakban.
9. Tejelő tehenekben – függetlenül a napi tejtermelés volumenétől – a hőmérséklet-páratartalom index növekedésével párhuzamosan csökken a vágusz tónus.
10. A szívritmus és az RMSSD a rektális hőmérsékletnél korábban jelzik a hőstressz fellépését választás előtti borjakban. Erős, akut hőstressz során a szívritmus nő, a vágusz-aktivitás csökken választás előtti borjakban.
11. A vizsgált élettani paraméterek alapján itatásos borjakban a felső kritikus hőmérséklet-páratartalom index-érték 78 és 88 közé tehető, ami mintegy 10 egységgel meghaladja a tejelő szarvasmarhákban megállapított felső kritikus hőmérséklet-páratartalom index-értékeket.
12. A humán hőkomfort mérésére alkalmazott hőindex és humidex szorosabb összefüggéseket

mutatnak választás előtti borjak élettani paramétereivel, mint a környezeti hőmérséklet vagy a hőmérséklet–páratartalom indexek.

13. A fekvéssel töltött idő és a lefekvési gyakoriság napszaki mintázatot mutat egyedi ketrecekben tartott borjaknál. A hőstressz nem befolyásolja itatásos borjak állással töltött idejét, azonban növeli a közvetlen napsugárzásnak kitett környezetben tartott borjak testhelyzet-változtatási gyakoriságát.
14. Közvetlen napsugárzásnak kitett környezetben tartott borjak nyálkortizol-szintje meghaladja az árnyékolt környezetben tartott borjak nyálkortizol-szintjét.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Hálásan köszönöm Prof. Szenci Ottónak, hogy az MTA-SZIE Nagyállatklinikai Kutatócsoport tagja lehettem, és közösen véghez vihettük azt a számtalan vizsgálatot, amelyek nagy részét máig sem volt időnk publikálni. Köszönöm a tőle kapott szakmai tanácsokat és a kutatói életpályám kezdetén adott útmutatást. Sohasem fogom elfelejteni az együtt töltött kutatóéveket.

Köszönöm szépen Dr. Mezőszentgyörgyi Dávid intézetigazgató úrnak, hogy nem engedett el az Egyetemről, és bízott bennem akkor is, amikor azt semmi sem indokolta. Köszönöm Póti Péter tanszékvezető úrnak önzetlen baráti támogatását, „látogatásait” és azt, hogy a mai napig a Tanszék munkatársa lehetek. Köszönöm Dr. Áprily Szilvia intézetigazgató asszonynak, hogy támogatott dolgozatom elkészítésében, és jelenlegi kutatásaimhoz megnyugtató háttérrel biztosít.

Köszönöm szépen Dr. Rózsa László intézetigazgató úr és Dr. Bodó Szilárd kollégám messze-menő szakmai és baráti támogatását a NAIK-ÁTHK-ban eltöltött éveim alatt és azt követően.

Köszönöm Prof. Kusza Szilvia és Prof. Fébel Hedvig professzor asszonyok és Prof. Mézes Miklós és Prof. Urbányi Béla professzor urak támogatását az MTA doktori címre történő jelentkezésben. Köszönettel tartozom korábbi témavezetőmnek és barátomnak, Dr. Jurkovich Viktornak a hőstressz-vizsgálatok tervezése és megvalósítása során nyújtott segítségéért és azért, hogy Czírok Martin doktorandusz hallgatónkkal közösen lendületet adtak kutatásaimban.

Köszönöm Dr. Bakony Mikoltnak, Dr. Nagy Krisztinának, Nagyné Dr. Kiszlinger Henriettának és Dr. Ruff Ferencnek a statisztikai elemzések elkészítését. Köszönöm minden kedves kollégámnak, aki társ szerzőm volt, továbbá akikkel együtt dolgoztam kutatási feladataim megvalósítása során: Dr. Vincze Boglárka, Dr. Aubin-Wodala Mária, Dr. Nyerges-Bohák Zsófia, Dr. Ali Choukair, Dr. Albert Ervin, dr. Buják Dávid†, Prof. Daniel Falta, Prof. Rupert Palme, Prof. Marko Samardžija, Prof. Tőzsér János, Dr. Szelényi Zoltán, Dr. Boros Norbert.

Köszönöm Dr. Kovács-Weber Mária, Dr. Kovács Balázs, Komonyi Lajos, Nagy László, Dr. Gregosits Balázs, Pálvolgyi János és Simon Áron Gergely barátainak szakmai és emberi támogatásukat, amely nélkül nem tudtam volna a doktori művet megírni.

Köszönöm a Balog családnak (Detti, Dani, Lana, Naomi, Barnus, Joel, Márk), hogy kísérnek mindennapjaim során és bármikor számíthatok rájuk. Mindig örömmel és szeretettel gondolok az együtt töltött időre.

Köszönöm szüleimnek és húgomnak, Emesének, hogy személyes támogatásukkal segítettek abban, hogy talpra álljak betegségemből. Köszönöm továbbá édesapámnak, Kovács Gábornak a dolgozatom alapos nyelvtani átvizsgálását, segítő észrevételeit és önzetlen, szűnni nem akaró biztatását.

Köszönöm feleségemnek, Kézér Fruzsina Lucának, hogy 'időszámításunk előtt' vizsgálatainkat együtt végezhattük, és hogy azóta is kitart mellettem egészségben, betegségben. Köszönöm gyermekeimnek, Borókának és Benedeknek, hogy minden nappal bölcsébbé tesznek és megannyi örömet okoznak nekünk. Ők a mi hőseink.

*„Mert éhes voltam és ti ennem adtatok; szomjas voltam, és ti innom adtatok; idegen voltam, és ti befogadtatok; ruhátlan voltam, és ti betakartatok; beteg voltam, és ti fölkerestetek; börtönben voltam, és ti meglátogattatok!”*

*Máté evangéliuma 25,31–46*

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- Akselrod S, Gordon D, Ubel FA, Shannon DC, Berger AC, Cohen RJ. 1981. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science*, 213:220–222.
- Alexander G, Williams D. 1964. Maternal facilitation of sucking drive in newborn lambs. *Science*, 146:665–666.
- Allen JD, Hall LW, Collier RJ, Smith JF. 2015. Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. *Journal of Dairy Science*, 98:1–10.
- Anderson DE, Muir WW. 2005. Pain management in cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 21:623–635.
- Anderson GB, Bell ML, Peng RD. 2013. Methods to calculate the heat index as an exposure Metric in environmental health research. *Environmental Health Perspectives*, 121:1111–1119.
- Antanaitis R, Anskienė L, Palubinskas G, Džermeikaitė K, Bačėninaitė D, Viora L, Rutkauskas A. 2023. Ruminating, Eating, and Locomotion Behavior Registered by Innovative Technologies around Calving in Dairy Cows. *Animals*, 13:1257.
- Aoki M, Kimura K, Suzuki O. 2005. Predicting time of parturition from changing vaginal temperature measured by data-logging apparatus in beef cows with twin fetuses. *Animal Reproduction Science*, 86:1–12.
- Arfuso F, Minuti A, Liotta L, Giannetto C, Trevisi E, Piccione G, Lopreiato V. 2023. Stress and inflammatory response of cows and their calves during peripartum and early neonatal period. *Theriogenology*, 196:157–166.
- Aurich JE, Dobrinski I, Hoppen HO, Grunert E. 1993a. Stimulation of release of beta-endorphin and oxytocin by prostaglandin F2 alpha in cattle at parturition. *Journal of Reproduction and Fertility*, 97:161–166.
- Aurich JE, Dobrinski I, Petersen A, Grunert E, Rausch WD. 1993b. Influence of labor and neonatal hypoxia on sympathoadrenal activation and methionine enkephalin release in calves. *American Journal of Veterinary Research*, 54:1333–1338.
- Bak J, Pazsiczki I. 2008. Tehénnedvesítéses histresszmérséklés, módszerek, hatékonyság. *Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia*, 4:69–77.
- Bakony M, Könyves L, Hejel P, Kovács L, Jurkovich V. 2019. Hőstressz tejelő tehenekben I. A tejtermelés-csökkenés hátterében álló élettani tényezők – Irodalmi összefoglaló. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 141:341–350.
- Barrier AC, Coombs TM, Dwyer CM, Haskell MJ, Goby L. 2014. Administration of a NSAID (meloxicam) affects lying behaviour after caesarean section in beef cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 155:28–33.
- Barrier AC, Haskell MJ, Birch S, Bagnall A, Bell DJ, Dickinson J, Macrae AI, Dwyer CM. 2013. The impact of dystocia on dairy calf health, welfare, performance and survival. *Veterinary Journal*, 195:86–90.
- Barrier AC, Ruelle E, Haskell MJ, Dwyer CM. 2012. Effect of a difficult calving on the vigour of the calf, the onset of maternal behaviour, and some behavioural indicators of pain in the dam. *Preventive Veterinary Medicine*, 103:248–256.
- Beagley JC, Whitman KJ, Baptiste KE, Scherzer J. 2010. Physiology and treatment of retained fetal membranes in cattle. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 24:261–268.

- Becker CA, Collier RJ, Stone AE. 2020. Invited review: Physiological and behavioral effects of heat stress in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 103:6751–6770.
- Bellows RA, Lammoglia MA. 2000. Effects of severity of dystocia on cold tolerance and serum concentrations of glucose and cortisol in neonatal beef calves. *Theriogenology*, 53:803–813.
- Beretta C, Garavaglia G, Cavalli M. 2005. COX-1 and COX-2 inhibition in horse blood by phenylbutazone, flunixin, carprofen and meloxicam: An in vitro analysis. *Pharmacological Research*, 52:302–306.
- Berglund B, Philipsson J, Danell O. 1987. External signs of preparation for calving and course of parturition in Swedish dairy cattle breeds. *Animal Reproduction Science*, 15:61–79.
- Berman A, Folman Y, Kaim M, Mamen M, Herz Z, Wolfenson D, Arieli A, Graber Y. 1985. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high yielding dairy cows in a tropical climate. *Journal of Dairy Science*, 68:1488–1495.
- Berman A, Horovitz T. 2012. Radiant heat loss, an unexploited path for heat stress reduction in shaded cattle. *Journal of Dairy Science*, 95:3021–3031.
- Berman, AJ. 2005. Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. *Journal of Animal Science*, 83:1377–1384.
- Bernabucci U, Lacetera N, Baumgard LH, Rhoads RP, Ronchi B, Nardone A. 2010. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal Research*, 4:1167–1183.
- Besser TE, Szenci O, Gay CC. 1990. Decreased colostral immunoglobulin absorption in calves with postnatal respiratory acidosis. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 196:1239–1243.
- Bianca W. 1958. The relation between respiratory rate and heart rate in the calf subjected to severe heat stress. *The Journal of Agricultural Science*, 51:321–324.
- Bianca, W., 1962. Relative importance of dry and wet bulb temperature in causing heat stress in cattle. *Nature*, 195:252–252.
- Bicalho RC, Galvao KH, Cheong SH, Gilbert RO, Warnick LD, Guard CL. 2007. Effect of stillbirths on dam survival and reproduction performance in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90:2797–2803.
- Birgel Jr EH, Grunert E, Soares JA. 1994. The preliminary stage of labor in cattle in relation to the clinical signs of labor and the course of progesterone secretion for the prediction of the calving time. *Deutsche tierärztliche Wochenschrift*, 101:355–359.
- Bleul U, Götz E. 2013. The effect of lactic acidosis on the generation and compensation of mixed respiratory-metabolic acidosis in neonatal calves. *Veterinary Record*, 172:528.
- Bleul U, Lejeune B, Schwantag S, Kähn W. 2007. Ultrasonic transit-time measurement of blood flow in the umbilical arteries and veins in the bovine fetus during stage II of labor. *Theriogenology*, 67:1123–1133.
- Bleul U, Schwantag S, Kahn W. 2008. Blood gas analysis of bovine fetal capillary blood during stage II labor. *Theriogenology*, 69:245–251.
- Bleul U. 2009. Respiratory distress syndrome in calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 25:179–193.
- Blood DC, Radostits OM. 1989. *Veterinary Medicine*. 7th ed. Balliere and Tindall, London, England.
- Bohmanova J, Misztal I, Cole JB. 2007. Temperature-humidity index as indicator of milk production losses due to heat stress. *Journal of Dairy Science*, 90:1947–1956.
- Bonk S, Burfeind O, Suthar VS, Heuwieser W. 2013. Technical note: Evaluation of data loggers for measuring lying behavior in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 96:3265–3271.

- Breazile J, Vollmer LA, Rice LE. 1988. Neonatal adaptation to stress of parturition and dystocia. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 4:481–499.
- Burfeind O, Suthar VS, Voigtsberger R, Bonk S, Heuwieser W. 2011. Validity of prepartum changes in vaginal and rectal temperature to predict calving in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 94:5053–5061.
- Büchel S, Sundrum A. 2014. Decrease in rumination time as an indicator for the onset of calving. *Journal of Dairy Science*, 97:3120–3127.
- Calamari L, Soriani N, Intini M. 2011. Automatic measurement of rumination activity in lactating cows during summer season. *Italian Journal of Animal Science*, 10:119F.
- Calamari L, Soriani N, Panella G, Petrera F, Minuti A, Trevisi E. 2014. Rumination time around calving: An early signal to detect cows at greater risk of disease. *Journal of Dairy Science*, 97:3635–3647.
- Campler MRB, Munksgaard L, Jensen MB. 2015. The effect of housing on calving behavior and calf vitality in Holstein and Jersey dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98:1797–1804.
- Canadian Centre for Occupational Health and Safety. 2017. Humidex rating and work. Elérhető online: [http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys\\_agents/humidex.html](http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/humidex.html). Letöltés napja: 2024. szeptember 4.
- Carrasco S, Gaitan MJ, Gonzalez R, Yanez O. 2001. Correlation among Poincare plot indexes and time and frequency domain measures of heart rate variability. *Journal of Medical Engineering and Technology*, 25:240–248.
- Chacón G, Laita SG-B, del Portal JCI, Liesa JP. 2004. Validation of an EIA technique for the determination of salivary cortisol in cattle. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2:45–52.
- Choukeir AI, Kovács L, Szelényi Z, Kézér FL, Albert E, Abdelmegeid MK, Baukje A, Aubin-Wodala M, Buják D, Nagy K, Szenci O. 2020. Effect of monitoring the onset of calving by a calving alarm thermometer on the prevalence of dystocia, stillbirth, retained fetal membranes and clinical metritis in a Hungarian dairy farm. *Theriogenology*, 145:144–148.
- Clark MOC, Stahl TC, Erickson PS. 2020. The effect of meloxicam on neonatal dairy calves: Immunoglobulin G uptake and preweaning performance. *Journal of Dairy Science*, 103:11363–11374.
- Coetzee JF, KuKanich B, Mosher R, Allen PS. 2009. Pharmacokinetics of intravenous and oral meloxicam in ruminant calves. *Veterinary Therapeutics*, 10:E1–E8.
- Coetzee JF. 2013. Assessment and management of pain associated with castration in cattle. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 29:75–101.
- Coleman DA, Moss BR, McCaskey TA. 1996. Supplemental shade for dairy calves reared in commercial calf hutches in a southern climate. *Journal of Dairy Science*, 79:2038–2043.
- Collier RJ, Beede DK, Thatcher WW, Israel LA, Wilcox CJ. 1982. Influences of environment and its modifications on dairy animal health and production. *Journal of Dairy Science*, 65:28–39.
- Comline RS, Hall LW, Lavelle RB, Nathanielsz PW, Silver M. 1974. Parturition in the cow: endocrine changes in animals with chronically implanted catheters in the foetal and maternal circulations. *Journal of Endocrinology*, 63:451–472.
- Constable PD. 2014. Acid-base assessment: when and how to apply the Henderson-Hasselbalch equation and strong ion difference theory. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 30:295–316.
- Cook NJ. 2012. Review: Minimally invasive sampling media and the measurement of corticosteroids as biomarkers of stress in animals. *Canadian Journal of Animal Science*, 92:227–259.

- Costa da AN, Feitosa JV, Montezuma Jr PA, de Souza PT, de Araújo AA. 2015. Rectal temperatures, respiratory rates, production, and reproduction performances of crossbred Girolando cows under heat stress in northeastern Brazil. *International Journal of Biometeorology*, 59:1647–1653.
- Costa Jr. JBG, J. Ahola JK, Weller ZD, Peel RK, Whittier JC, Barcellos JOJ. 2016. Reticulo-rumen temperature as a predictor of calving time in primiparous and multiparous Holstein females. *Journal of Dairy Science*, 99:1–12.
- Cox B, Gasparrini A, Catry B, Delcloo A, Bijmens E, Vangronsveld J, Nawrot TS. 2016. Mortality related to cold and heat. What do we learn from dairy cattle? *Environmental Research*, 149:231–238.
- Curtis CR, Erb HN, White ME. 1988. Descriptive epidemiology of calfhood morbidity and mortality in New York Holstein herds. *Preventive Veterinary Medicine*, 5:293–307.
- Dado-Senn B, Gingerich KN, Horvath KC, Field SL, Marrero MG, Maunsell F, Miller-Cushon EK, Laporta J. 2022. Early-life heat stress exposure impacts dairy calf feeding and thermoregulatory behavior. *JDS Communications*. 3:38-43.
- Dechow CD, Goodling RC. 2008. Mortality, culling by sixty days in milk, and production profiles in high- and low-survival Pennsylvania herds. *Journal of Dairy Science*, 91:4630–4639.
- Detweiler DK, Riedesel DH. 1993. Regional and fetal circulations. In: Swenson MJ, Reece WO (eds.), *Duke's physiology of domestic animals*. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA, p. 227.
- DeVries TJ, von Keyserlingk MAG, Beauchemin KA. Frequency of feed delivery affects the behaviour of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 88:3553–3562.
- Diesch TJ, Mellor DJ, Stafford KJ, Ward RN. 2004. The physiological and physical status of single calves at birth in a dairy herd in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, 52:250–255.
- Dikmen S, Hansen PJ. 2009. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *Journal of Dairy Science*, 92:109–116.
- Dixon R, Hyman A, Gurpide E, Dyrenfurth I, Cohen H, Bowe E, Engel T, Daniel S, James S, Vande WR. 1970. Feto-maternal transfer and production of cortisol in the sheep. *Steroids*, 16:771–789.
- Dufty JH. 1971. Determination of the onset of parturition in Hereford cattle. *Australian Veterinary Journal*, 47:77–82.
- Dufty JH. 1981. The influence of various degrees of confinement and supervision on the incidence of dystokia and stillbirths in Hereford heifers. *New Zealand Veterinary Journal*, 29:44–48.
- Dwyer CM, Lawrence AB, Bishop SC. 2002. The effects of selection for lean tissue content on maternal and neonatal lamb behaviours in Scottish Blackface sheep. *Animal Science*, 72:555–571.
- Dwyer CM. 2008. Individual variation in the expression of maternal behavior: a review of the neuroendocrine mechanisms in the sheep. *Journal of Neuroendocrinology*, 20:526–534.
- Edwards EM, Krawczel PD, Dann HM, Schneider LG, Whitlock B, Proudfoot KL. 2020. Calving location preference and changes in lying and exploratory behavior of preparturient dairy cattle with access to pasture. *Journal of Dairy Science*, 103:5455–5465.
- European Agency for the Evaluation of Medicinal Products. 2007. Scientific discussion, metacam. CVMP/323/97; London, UK. Elérhető online: [https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-discussion/metacam-epar-scientific-discussion\\_en.pdf](https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-discussion/metacam-epar-scientific-discussion_en.pdf). Letöltés napja: 2024. szeptember 4.

- Fadul M, Bogdahn C, Alsaad M, Hüsler J, Starke A, Steiner A, Hirsbrunner G. 2017. Prediction of Calving Time in Dairy Cattle. *Animal Reproduction Science*, 187:37–46.
- Fidan A, Pamuk FK, Ozdemir A, Saritas ZK, Tarakci U. 2010. Effects of dehorning by amputation on oxidant-antioxidant status in mature cattle. *Revue De Medecine Veterinaire*, 161:502–508.
- Fisher MW, Mellor DJ. 2002. The welfare implications of shepherding during lambing in extensive New Zealand farming systems, *Animal Welfare*, 11:157–170.
- Frondelius L, Järvenranta K, Koponen T, Mononen J. 2015. The effects of body posture and temperament on heart rate variability in dairy cows. *Physiology and Behavior*, 139:437–441.
- Fuchs AR. 1985. Oxytocin in animal parturition. In: Amicoj A, Robinson AG (eds.), *Oxytocin, Clinical and Laboratory Studies*. Elsevier Science Publications, Amsterdam, The Netherlands, pp. 207–235.
- Galán E, Llonch P, Villagrà A, Levit H, Pinto S, del Prado A. 2018. A systematic review of non-productivity-related animal-based indicators of heat stress resilience in dairy cattle. *PLoS ONE* 13(11): e0206520.
- Gantner V, Mijić P, Kuterovac PK, Solić D, Gantner R. 2011. Temperature-humidity index values and their significance on the daily production of dairy cattle. *Mljekarstvo*, 61:56–63.
- Garrett EF, Pereira MN, Nordlund KV, Armentano LE, Goodger WJ, Oetzel GR. 1999. Diagnostic methods for detecting subacute rumen acidosis in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 82:1170–1178.
- Gasteiner J, Guggenberger T, Häusler J, Steinwiddler A. 2012. Continuous and long term measurement of reticuloruminal pH in grazing dairy cows by an indwelling and wireless data transmitting unit. *Veterinary Medicine International*, 2012:236956.
- Gasteiner J, Guggenberger T. 2013. Long-term measurement of reticuloruminal pH-value in dairy cows under practical conditions by an indwelling and wireless data transmitting unit. In: Szenci O, Brydl E (eds.), *Proceedings of the 23rd International Congress of the Hungarian Association for Buiatrics*. Siófok, Hungary, pp. 33–39.
- Gaughan J, Lacetera N, Valtorta SE, Khalifa HH, Hahn L, Mader T. 2009. Response of domestic animals to climate challenges. In: Ebi KL, Burton I, McGregor GR (eds.): *Biometeorology of adaptation to climate variability and change*. Springer Science, Heidelberg, Germany, pp. 131–170.
- Giannone C, Bovo M, Ceccarelli M, Torreggiani D, Tassinari P. 2023. Review of the Heat Stress-Induced Responses in Dairy Cattle. *Animals*, 13:3451.
- Gladden N, Ellis K, Martin J, Viora L, McKeegan D. 2019. A single dose of ketoprofen in the immediate postpartum period has the potential to improve dairy calf welfare in the first 48 h of life. *Applied Animal Behaviour Science*, 212:19–29.
- Gleerup KB, Andersen PH, Munksgaard L, Forkman B. 2015. Pain evaluation in dairy cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, 171:25–32.
- Gosling SN, Bryce EK, Dixon PG, Gabriel KM, Gosling EY, Hanes JM, Hondula DM, Liang L, MacLean PA, Muthers PS, Nascimento ST, Petralli M, Vanos JK, Wanka ER. 2014. A glossary for biometeorology. *International Journal of Biometeorology*, 58:277–308.
- Gustafsson H, Kindahl H, Berglund B. 2007. Stillbirths in Holstein heifers-some results from Swedish research. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 49 (Suppl. 1): S17.
- Guyton AC, Hall JE. 2006. Regulation of respiration. In: Guyton AC, Hall JE (eds.), *Medical physiology*. Elsevier Saunders, Philadelphia, USA, pp. 516–523.

- Gygax L, Neuffer I, Kaufmann C, Hauser R, Wechsler B. 2008. Restlessness behaviour, heart rate and heart-rate variability of dairy cows milked in two types of automatic milking systems and auto-tandem milking parlours. *Applied Animal Behaviour Science*, 109:167–79.
- Hady PJ, Domecq JJ, Kaneene JB. 1994. Frequency and precision of body condition scoring in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 77:1543–1547.
- Hagen K, Langbein J, Schmied C, Lexer D, Waiblinger S. 2005. Heart rate variability in dairy cows – influences of breed and milking system. *Physiology and Behavior*, 85:195–204.
- Hahn GL, Mader TL. 1997. Heat waves in relation to thermoregulation, feeding behaviour and mortality of feedlot cattle. In: Botther RW, Hoff, SJ (eds.), *Livestock Environment*. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, USA, pp. 563–571.
- Hansen PJ 1990. Effects of coat colour on physiological responses to solar radiation in Holsteins. *Veterinary Record*, 127:333.
- Hansen S, von Borell E. 1998. Impact of pig grouping of sympatho-vagal balance as measured by heart rate variability. In: Veissier I, Boissy A (eds.), *Proceedings of the 32nd Congress of the international Society of Applied Ethology*, INRA. Clermont-Ferrand, France, p. 97.
- Harvey JW. 1997. The erythrocyte: physiology, metabolism, and biochemical disorders. In: Kaneko JJ, Harvey JW, Bruss ML (eds.), *Clinical biochemistry of domestic animals*. Academic Press, San Diego, California, USA, pp. 157–203.
- Heinrich A, Duffield TF, Lissemore KD, Millman ST. 2010. The effect of meloxicam on behavior and pain sensitivity of dairy calves following cautery dehorning with a local anesthetic. *Journal of Dairy Science*, 93:2450–2457.
- Heinrich A, Duffield TF, Lissemore KD, Squires EJ, Millman ST. 2009. The impact of meloxicam on postsurgical stress associated with cautery dehorning. *Journal of Dairy Science*, 92:540–547.
- Heirbaut S, Børge Jensen D, Jing XP, Stefańska B, Lutakome P, Vandaele L, Fievez V. 2022. Different reticulorumen pH metrics of high-yielding dairy cattle during the transition period in relation to metabolic health, activity, and feed intake. *Journal of Dairy Science*, 105:6880–6894.
- Held T, Eigenmann UJE, Grunert E. 1985. Blutgasanalytische Untersuchungsbefunde bei bovinen Feten im Aufweitungsstadium der Geburt. *Mh Veterinary Medicine*, 40:405–409.
- Herfen K, Bostedt H. 1999. Correlation between clinical and laboratory diagnostic evaluation of the vitality of newborn calves under particular consideration of length and type of parturition. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift*, 86:255–261.
- Hernandez CE, Thierfelder T, Svennersten-Sjaunja K, Berg C, Orihuela A, Lidfors L. 2014. Time lag between peak concentrations of plasma and salivary cortisol following a stressful procedure in dairy cattle. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 56:61.
- Hess WR. 1947. Vegetative Funktionen und Zwischenhirn. *Helvetica Physiologica et Pharmacologica Acta*, 5:5–65.
- Hill TM, Bateman II HG, Aldrich JM, Schlotterbeck RL. 2011. Comparisons of housing, bedding, and cooling options for dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 94:2138–2146.
- Hoffmann B, Wagner WC, Rattenberger E, Schmidt J. 1977. Endocrine relationships during late gestation and parturition in the cow. *Ciba Foundation Symposium*, 47:107–125.
- Hofmann E, Failing K, Wehrend A. 2006. Changes of the vulva and the vestibulum in suckler cows and heifers during the last seven days ante partum. *Tieraerztliche Praxis Ausgabe Grosstiere Nutztiere*, 34:15–19.

- Homerovsky ER, Caulkett NA, Timsit E, Pajor EA, Kastelic JP, Windeyer MC. 2017. Clinical indicators of blood gas disturbances, elevated L-lactate concentration and other abnormal blood parameters in newborn beef calves. *Veterinary Journal*, 219:49–57.
- Houwing H, Hurnik JF, Lewis NJ. 1990. Behavior of periparturient dairy cows and their calves. *Canadian Journal of Animal Science*, 70:355–362.
- Hoyer C, Grunert E, Jochle W. 1990. Plasma glucocorticoid concentrations in calves as an indicator of stress during parturition. *American Journal of Veterinary Research*, 51:1882–1884.
- Humer E, Ghareeb K, Harder H, Mickdam E, Khol-Parisini A, Zebeli Q. 2015. Peripartal changes in reticuloruminal pH and temperature in dairy cows differing in the susceptibility to subacute rumen acidosis. *Journal of Dairy Science*, 98:8788–8799.
- Hunter JT, Fairclough RJ, Peterson AJ, Welch RA. 1977. Foetal and maternal hormonal changes preceding normal bovine parturition. *Acta Endocrinology*, 84:653–662.
- Huxley JN, Whay HR. 2006. Current attitudes of cattle practitioners to pain and the use of analgesics in cattle. *Veterinary Record*, 159:662–668.
- Huzzey JM, von Keyserlingk MAG, Weary DM. 2005. Changes in feeding, drinking, and standing behavior of dairy cows during the transition period. *Journal of Dairy Science*, 88:2454–2461.
- Idris M, Uddin J, Sullivan M, McNeill DM, Phillips CJC. 2021. Non-Invasive Physiological Indicators of Heat Stress in Cattle. *Animals (Basel)*. 11:71.
- IUPS, 2001. Glossary of terms for thermal physiology. *The Japanese Journal of Physiology*, 51:245–280.
- Jackson PGG. 2004. Normal birth. In: Jackson PGG (ed.), *Handbook of Veterinary Obstetrics*, 2nd edition. WB Saunders, Philadelphia, USA, pp. 1–12.
- Jensen MB, Larsen LE. 2014. Effects of level of social contact on dairy calf behaviour and health. *Journal of Dairy Science*, 97:5035–5044.
- Jensen MB. 2012. Behaviour around the time of calving in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 139:195–202.
- Jones CT, Robinson RO, Luther E, Ritchie JWK, Worthington D. 1977. Control of adrenocorticotrophin secretion by catecholamines in the pregnant and foetal sheep. *Journal of Endocrinology*, 73:11–20.
- Jørgensen HB, Pedersen LD, Sørensen MK, Thomsen PT, Norberg E. 2010. Short communication: Born to be a loser cow? *Journal of Dairy Science*, 93:4386–4390.
- Kadzere CT, Murphy MR, Silanikove N, Maltz E. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science*, 77:59–91.
- Kenward MG, Roger JH. 1997. Small sample inference for fixed effects from restricted maximum likelihood. *Biometrics*, 53:983–997.
- Kézér FL, Tózsér J, Bakony M, Szenci O, Jurkovich V, Kovács L. 2017. Effect of physical activity on cardiac autonomic function of dairy cows on commercial dairy farms. *Journal of Dairy Research*, 84:395–400.
- Kolkman I, Aerts S, Vervaecke H, Vicca J, Van de Look J, De Kruif A, Opsomer G, Lips G. 2010. Assessment of differences in some indicators of pain in double muscled Belgian Blue cows following naturally calving vs caesarean section, *Reproduction in Domestic Animals*, 45:160–167.
- Kononoff PJ, Heinrichs AJ. 2003. The effect of reducing alfalfa haylage particle size on cows in early lactation. *Journal of Dairy Science*, 86:1445–1457.

- Kovács L, Bakony M, Tózsér J, Jurkovich V. 2013. Short communication: The effect of milking in a parallel milking parlor with non-voluntary exit on the HRV of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96:7743–7747.
- Kovács L, Jurkovich V, Bakony M, Póti P, Szenci O, Tózsér J. 2014a. Welfare assessment in dairy cattle by heart rate and heart rate variability – Literature review and implications for future research. *Animal*, 8:316–330.
- Kovács L, Kézér FL, Kulcsár-Huszenicza M, Ruff F, Szenci O, Jurkovich V. 2016. Hypothalamic–pituitary–adrenal and cardiac autonomic responses to transrectal examination differ with behavioral reactivity in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99:7444–7457.
- Kovács L. 2014b. Akut és krónikus stressz vizsgálata tejelő teheneken a szívritmus-változékonyság meghatározásával. PhD értekezés. Szent István Egyetem, Gödöllő.
- Kumar S, Kumar A, Kataria M. 2011. Effect of heat stress in tropical livestock and different strategies for its amelioration. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 7:45–54.
- Kunz F, Sendag S, Yildiz M, Failing K, Wehrend A. 2022. Effect of a single meloxicam administration on newborn Holstein-Friesian dystocia calves: Field results from the first 10 days of life. *Veterinary World*, 15:981–985.
- Kurz MM, Willett LB. 1991. Physiology and management; carbohydrate, enzyme, and hematology dynamics in newborn calves. *Journal of Dairy Science*, 74:2109–2118.
- Lammers BP, van Koot JW, Henrichs AJ, Graves RE. 1996. The effect of plywood and polyethylene calf hutches on heat stress. *Applied Engineering in Agriculture*, 12:741–745.
- Landgraf R, Schulz J, Eulenberger K, Wilhelm J. 1983. Plasma levels of oxytocin and vasopressin before, during and after parturition in cows. *Experimental and Clinical Endocrinology*, 81:321–328.
- Laven RA, Huxley JN, Whay HR, Stafford KJ. 2009. Results of a survey of attitudes of dairy veterinarians in New Zealand regarding painful procedures and conditions in cattle. *New Zealand Veterinary Journal*, 57:215–220.
- Lay DC Jr, Friend TH, Randel RD, Bowers CL, Grissom KK, Jenkins OC. 1992. Behavioral and physiological effects of freeze or hot-iron branding on crossbred cattle. *Journal of Animal Science*, 70:330–336.
- Lay DC Jr, Friend TH, Randel RD, Jenkins OC, Neuendorff DA, Kapp GM, Bushong DM. 1996. Adrenocorticotrophic hormone dose response and some physiological effects of transportation on pregnant Brahman cattle. *Journal of Animal Science*, 74:1806–1811.
- Ledgerwood DN, Winckler C, Tucker CB. 2010. Evaluation of onset data loggers, sampling intervals, and editing techniques for measuring the lying behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 3:5129–5139.
- Levit H, Pinto S, Amon T, Gershon E, Kleinjan-Elazary A, Bloch V, Ben Meir YA, Portnik Y, Jacoby S, Arnin A, Miron J, Halachmi I. 2021. Dynamic cooling strategy based on individual animal response mitigated heat stress in dairy cows. *Animal*, 15:100093.
- Lidfors LM, Moran D, Jung J, Jensen P, Castren H. 1994. Behaviour at calving and choice of calving place in cattle kept in different environments. *Applied Animal Behaviour Science*, 42:11–28.
- Lidfors LM. 1996. Behavioural effects of separating the dairy calf immediately or 4 days post-partum. *Applied Animal Behaviour Science*, 49:269–283.
- Lima PO, Souza Jr JBF, Lima RN, Oliveira FCS, Domingos HGT, Miranda MVFG. 2013. Effect of time of day and type of shading on the physiological responses of crossbred calves in tropical environment. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 1:7–12.

- Lombard JE, Garry FB, Tomlinson SM, Garber LP. 2003. Relationship of dystocia to dairy cow health and productivity. *Journal of Dairy Science*, 86:32.
- Lombard JE, Garry FB, Tomlinson SM, Garber LP. 2007. Impacts of dystocia on health and survival of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 90:1751–1760.
- Lucy MC. 2019. Stress, strain, and pregnancy outcome in postpartum cows. *Animal Reproduction*, 16:455–464.
- Mader TL, Davis MS, Brown-Brandl T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 84:712–719.
- Mainau E, Llonch P, Temple D, Goby L, Manteca X. 2022. Alteration in Activity Patterns of Cows as a Result of Pain Due to Health Conditions. *Animals (Basel)*. 12:176.
- Mainau E, Manteca X. 2011. Pain and discomfort caused by parturition in cows and sows. *Applied Animal Behaviour Science*, 135:241–251.
- Major P. 1998. Subtle physical activity poses a challenge to the study of heart rate. *Physiology and Behavior*, 63:381–384.
- Malliani A. 1995. Association of heart rate variability components with physiological regulatory mechanisms. In: Malik M, Camm AJ (eds.), *Heart rate variability*. Futura Publishing, New York, USA, pp. 173–178.
- Martin SW, Schwabe CW, Franti CE. 1975. Dairy calf mortality rate: the association of daily meteorological factors and calf mortality. *Canadian Journal of Comparative Medicine*, 39:377–388.
- Maurer-Schweizer H, Wilhelm U, Walser K. 1977. Blutgase und säure-basen-haushalt bei lebensfrischen kälbern in der ersten 24 lebensstunden. *Berliner und Münchener tierärztliche Wochenschrift*, 90:192–196.
- McGuirk SM, Collins M. 2004. Managing the production, storage, and delivery of colostrum. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 20:593–603.
- McNaughton AP, Murray RD. 2009. Structure and function of the bovine fetomaternal unit in relation to the causes of retained fetal membranes. *Veterinary Record*, 165:615–622.
- Mee JF, Berry DP, Cromie AR. 2011. Risk factors for calving assistance and dystocia in pasture-based Holstein–Friesian heifers and cows in Ireland. *The Veterinary Journal*, 187:189–194.
- Mee JF. 2004. Managing the dairy cow at calving time. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 20:521–546.
- Mee JF. 2008. Prevalence and risk factors for dystocia in dairy cattle: A review. *The Veterinary Journal*, 176:93–101.
- Mee JF. 2013. Why do so many calves die on modern dairy farms and what can we do about calf welfare in the future? *Animals*, 3:1036–1057.
- Mee JF. 2021. Epidemiology of bovine perinatal mortality. In: Szenci O, Mee JF, Bleul U, Taverne MAM (eds.), *Bovine Prenatal, Perinatal and Neonatal Medicine*. Hungarian Association for Buiatrics, Budapest, Hungary, pp. 224–232.
- Merenda VR, Figueiredo CC, González TD, Chebel RC. 2020. Technical note: Validation of a system for monitoring individual behavior of Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 103:7425–7430.
- Miedema HM, Cockram MS, Dwyer CM, Macrae AI. 2011a. Behavioural predictors of the start of normal and dystocic calving in dairy cows and heifers. *Applied Animal Behaviour Science*, 132:14–19.

- Miedema HM, Cockram MS, Dwyer CM, Macrae AI. 2011b. Changes in the behaviour of dairy cows during the 24 h before normal calving compared with behaviour during late pregnancy. *Applied Animal Behaviour Science*, 131:8–14.
- Misaka M, Uematsu M, Hashimoto K, Kitahara G, Osawa T, Sasaki Y. 2022. Impact of dystocia and cow/calf characteristics on mortality from 0 to 120 days of age in Japanese Black calves in commercial cow-calf operations. *Preventive Veterinary Medicine*, 207:105716.
- Moallem U, Altmark G, Lehrer H, Arieli A. 2010. Performance of high-yielding dairy cows supplemented with fat or concentrate under hot and humid climates. *Journal of Dairy Science*, 93:3192–3202.
- Moberg GP. 1985. Biological response to stress: Key to assessment of animal well-being? In: Moberg GP (ed.), *Animal stress*. American Physiological Society, Bethesda, Maryland, USA, pp. 27–49.
- Moberg GP. 2000. Biological response to stress. In: Moberg GP, Mench JA (eds.), *The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare*. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 171–198.
- Mock T, Mee JF, Dettwiler M, Rodriguez-Campos S, Hüsler J, Michel B, Häfliger I, Drögemüller C, Bodmer M, Hirsbrunner G. 2020. Evaluation of an investigative model in dairy herds with high calf perinatal mortality rates in Switzerland. *Theriogenology*, 148:48–59.
- Moggy MA, Pajor EA, Thurston WE, Parker S, Greter AM, Schwartzkopf-Genswein KS, Campbell RJ, Windeyer MC. 2017. Management practices associated with pain in cattle on Western Canadian cow-calf operations: a mixed methods study. *Journal of Animal Science*, 95:958–969.
- Morignat E, Gay E, Vinard JL, Calavas D, Hénaux V. 2015. Quantifying the influence of ambient temperature on dairy and beef cattle mortality in France from a time-series analysis. *Environmental Research*, 140:524–534.
- Mormède P, Andanson S, Aupérin B, Beerda B, Guémené D, Malmkvist J, Manteca X, Manteuffel G, Prunet P, van Reenen CG, Richard S, Veissier I. 2007. Exploration of the hypothalamic-pituitary-adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiology and Behavior*, 92:317–339.
- Muggeo VM. 2008. R. Segmented: An R package to fit regression models with broken-line relationships. *R News – The R Journal*, 8:20–25.
- Muller CJC, Botha JA. 1993. Effect of summer climatic conditions on different heat tolerance factors in primiparous Friesian and Jersey cows. *South African Journal of Animal Science*, 23:98–103.
- Murray CF, Duffield TF, Haley DB, Pearl DL, Veira DM, Deelen SM, Leslie KE. 2016a. The effect of meloxicam NSAID therapy on the change in vigor, suckling reflex, blood gas measures, milk intake and other variables in newborn dairy calves. *Journal of Veterinary Science and Animal Husbandry*, 4:1–14.
- Murray CF, Leslie KE. 2013. Newborn calf vitality: risk factors, characteristics, assessment, resulting outcomes and strategies for improvement. *The Veterinary Journal*, 198:322–328.
- Mülling M. 1977. Asphyxie des neugeborenen Kalbes. *Der Praktische Tierarzt*, 58:78–80.
- Nagel C, Aurich C, Aurich J. 2019. Stress effects on the regulation of parturition in different domestic animal species. *Animal Reproduction Science*, 207:153–161.
- Nagel C, Aurich J, Trenk L, Ille N, Drillich M, Pohl W, Aurich C. 2016. Stress response and cardiac activity of term and preterm calves in the perinatal period. *Theriogenology*, 86:1498–1505.

- Nakagawa S, Schielzeth H. 2013. A general and simple method for obtaining  $R^2$  from generalized linear mixed-effects models. *Methods in Ecology and Evolution*, 4:133–142.
- National Weather Service (NWS) Hydrometeorological Prediction Center Web Team. The heat index equation. Elérhető online: [https://www.wpc.ncep.noaa.gov/html/heatindex\\_equation.shtml](https://www.wpc.ncep.noaa.gov/html/heatindex_equation.shtml). Letöltés napja: 2024. szeptember 4.
- Negrao JA, Porcionato MA, de Passille AM, Rushen J. 2004. Cortisol in saliva and plasma of cattle after ACTH administration and milking. *Journal of Dairy Science*, 87:1713–1718.
- Ness TJ, Gebhart GF. 1990. Visceral pain: a review of experimental studies. *Pain*, 41:167–234.
- Ninomiya S, Huricha GY, Onishi H, Kurachi M, Ito A. 2023. Lying posture as a behavioural indicator of heat stress in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 265:105981.
- National Research Council (NRC). 1971. *A Guide to Environmental Research on Animals*. National Academy of Science, Washington, DC, USA, p. 374.
- O'Brien MD, Rhoads RP, Sanders SR, Duff GC, Baumgard LH. 2010. Metabolic adaptations to heat stress in growing cattle. *Domestic Animal Endocrinology*, 38:86–94.
- Oetzel GR, Nordlund KV, Garrett EF. 1999. Effect of ruminal pH and stage of lactation on ruminal lactate concentration in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 82(Suppl 1):38.
- Opsomer G, de Kruif A. 2009. Metritis and endometritis in high yielding dairy cows. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, 78:83–88.
- Ouellet V, Vasseur E, Heuwieser W, Burfeind O, Maldague X, Charbonneau É. 2016. Evaluation of calving indicators measured by automated monitoring devices to predict the onset of calving in holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99:1539–1548.
- Owens JL, Edey TN, Bindon BM, Piper LR. 1985. Parturient behaviour and calf survival in a herd selected for twinning. *Applied Animal Behaviour Science*, 13:321–333.
- Pahl C, Hartung E, Grothmann A, Mahlkow-Nerge K, Haeussermann A. 2014. Rumination activity of dairy cows in the 24 hours before and after calving. *Journal of Dairy Science*, 97:6935–6941.
- Palme R, Möstl E. 1997. Measurement of cortisol metabolites in faeces of sheep as a parameter of cortisol concentration in blood. *International Journal of Mammalian Biology*, 62:192–197.
- Palombi C, Paolucci M, Stradaioli G, Corubolo M, Pascolo PB, Monaci M. 2013. Evaluation of Remote Monitoring of Parturition in Dairy Cattle as a New Tool for Calving Management. *BMC Veterinary Research*, 9:191.
- Paudyal S. 2021. Using rumination time to manage health and reproduction in dairy cattle: a review. *Veterinary Quarterly*, 4:292–300.
- Pearson JM, Pajor EA, Campbell RJ, Levy M, Caulkett NA, Windeyer MC. 2019a. A randomised controlled trial investigating the effects of administering a non-steroidal antiinflammatory drug to beef calves assisted at birth and risk factors associated with passive immunity, health, and growth. *Veterinary Record Open*, e000364. doi:10.1136/vetreco-2019-000364.
- Pearson JM, Pajor EA, Campbell RJ, Levy M, Caulkett NA, Windeyer MC. 2019b. Clinical impacts of administering a nonsteroidal anti-inflammatory drug to beef calves after assisted calving on pain and inflammation, passive immunity, health, and growth. *Journal of Animal Science*, 97:1996–2008.
- Pedersen A. 2010. Rumination measurements and ketosis in early lactation. *Dansk Veterinærtidsskrift*, 93:28–32.
- Pedersen LD, Jørgensen HB, Kargo M, Thomsen PT, Norberg E. 2012. A genetic study of loser cows in Danish dairy herds. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science*, 62:159–163.

- Peña G, Risco C, Kunihiro E, Thatcher M-J, Pinedo PJ. 2016. Effect of housing type on health and performance of preweaned dairy calves during summer in Florida. *Journal of Dairy Science*, 99:1655–1662.
- Piccione G, Caola G, Refinetti R. 2003. Daily and estrous rhythmicity of body temperature in domestic cattle. *BMC Medical Physics*, 3:7.
- Pilz M, Fischer-Tenhagen C, Thiele G, Tinge H, Lotz F, Heuwieser W. 2012. Behavioural reactions before and during vaginal examination in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 138:18–27.
- Pinheiro JC, Bates DM. 2000. *Mixed-effects models in S and S-PLUS*, first ed., Springer-Verlag, New York, USA.
- Plaizier JC, Krause DO, Gozho GN, McBride BW. 2008. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: the physiological causes, incidence and consequences. *The Veterinary Journal*, 176:21–31.
- Porges SW. 1995. Cardiac vagal tone: a physiological index of stress. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 19:225–233.
- Porges SW. 2003. The polyvagal theory: phylogenetic contributions to social behavior. *Physiology and Behavior*, 79:503–513.
- Prior S, Blackie N, Fishwick J, Mahendran SA. 2023. Randomised Control Trial Investigating the Efficacy of Meloxicam and Sodium Salicylate Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs for Calf Caustery Disbudding. *Animals (Basel)*, 26:1768.
- Proudfoot KL, Jensen MB, Heegaard PM, von Keyserlingk MAG. 2013. Effect of moving dairy cows at different stages of labor on behavior during parturition. *Journal of Dairy Science*, 96:1638–1646.
- R Development Core Team 2023. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Elérhető online: <https://www.R-project.org/>. Letöltés napja: 2024. szeptember 4.
- R Development Core Team. 2017. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Elérhető online: <http://www.r-project.org>. Letöltés napja: 2024. szeptember 4.
- R Development Core Team. 2013. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Elérhető online: <http://www.r-project.org>. Letöltés napja: 2024. szeptember 4.
- Raussi S. 2003. Human–cattle interactions in group housing. *Applied Animal Behaviour Science*, 80:245–262.
- Reiczigel J, Solymosi N, Könyves L, Maróti-Agóts A, Kern A, Bartyik J. 2009. A hőstressz okozta tejtermelés-kiesés vizsgálata hőmérséklet-páratartalom indexek alkalmazásával. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 131:137–144.
- Rexha S, Grunert E. 1993. Untersuchungen zur Voraussage des Abkalbetermins mittels eines Progesteronschnelltests [The forecasting of the time of calving using a rapid progesterone test]. *Tierärztliche Praxis*, 21:197–200.
- Rice LE. 1994. Dystocia-related risk factors. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 10:53–68.
- Richter U. 2010. Quantifizierung der Fress- und Wiederkäuaktivitäten von Milchkühen. Doctoral Dissertation, University Kassel, Witzenhausen, Germany. Elérhető online: <https://kobra.uni-kassel.de/handle/123456789/2011021635849>. Letöltés napja: 2024. szeptember 4.

- Robinson PH, Garrett JE. 1999. Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on adaptation of cows to postpartum diets and on lactational performance. *Journal of Animal Science*, 77:988–999.
- Rojas-Downing MM, Nejadhashemi AP, Harrigan T, Woznicki SA. 2017. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, 16:145–163.
- Rørvang MV, Nielsen BL, Herskin MS, Jensen MB. 2018. Prepartum maternal behavior of domesticated cattle: A comparison with managed, feral, and wild ungulates. *Frontiers in Veterinary Science*, 5:45.
- Rothfusz LP. 1990. The Heat Index “Equation” (or, more than you ever wanted to know about heat index). SR 90–23. Fort Worth, TX: National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service, Office of Meteorology.
- Sato S, Ikeda A, Tsuchiya Y, Ikuta K, Murayama I, Kanehira M, Okada K, Mizuguchi H 2012. Diagnosis of subacute rumen acidosis (SARA) by continuous reticular pH measurements in cows. *Veterinary Research Communications*, 36:201–205.
- Satterthwaite FE. 1946. An Approximate Distribution of Estimates of Variance Components. *Biometrics Bulletin*, 2:110–114.
- Schirmann K, Chapinal N, Weary DM, Heuwieser W, von Keyserlingk MAG. 2011. Short-term effects of regrouping on behavior of prepartum dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 94:2312–2319.
- Schirmann K, Chapinal N, Weary DM, Vickers L, von Keyserlingk MAG. 2013. Short communication: Rumination and feeding behavior before and after calving in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96:7088–7092.
- Schirmann K, von Keyserlingk MAG, Weary DM, Veira MD, Heuwieser W. 2009. Technical note: Validation of a system for monitoring rumination in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92:6052–6055.
- Schuenemann GM, Nieto I, Bas S, Galvao K, Workman J. 2011. Assessment of calving progress and reference times for obstetric intervention during dystocia in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 94:5494–5501.
- Schuijt G. 1990. Iatrogenic fractures of ribs and vertebrae during delivery in perinatally dying calves: 235 cases (1978–1988). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 197:1196–1202.
- Schuler G, Fürbass R, Klisch K. 2018. Placental hormones in gestation and parturition. *Animal Reproduction Science*, 15(Suppl. 1):822–842.
- Scott IM, Johnson HD, Hahn GL. 1983. Effect of programmed diurnal temperature cycles on plasma thyroxine level, body temperature, and feed intake of Holstein dairy cows. *International Journal of Biometeorology*, 27:47–62.
- Sejian V, Bhatta R, Gaughan JB, Dunshea FR, Lacetera N. 2018. Review: Adaptation of animals to heat stress. *Animal*, 12:431–444.
- Shah KD, Nakaoa T, Kubota H. 2006. Plasma estrone sulphate (E1S) and estradiol-17 $\beta$  (E2 $\beta$ ) profiles during pregnancy and their relationship with the relaxation of sacrosciatic ligament, and prediction of calving time in Holstein–Friesian cattle. *Animal Reproduction Science*, 95:38–53.
- Sievers AK, Kristensen NB, Laue HJ, Wolfram S. 2004. Development of an intrarumen device for data sampling and transmission. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 13:207–210.
- Soriani N, Trevisi E, Calamari L. 2012. Relationships between rumination time, metabolic conditions and health status in dairy cows during the transition period. *Journal of Animal Science*, 90:4544–4554.

- Spain JN, Spiers DE. 1996. Effects of supplemental shade on thermoregulatory response of calves to heat challenge in a hutch environment. *Journal of Dairy Science*, 79:639–646.
- Stafford KJ, Mellor DJ. 2011. Addressing the pain associated with disbudding and dehorning in cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, 135:226–231.
- Stafford KJ, Mellor DJ. 2010. Painful husbandry procedures in livestock and poultry. In: Grandin T (ed.), *Improving Animal Welfare: A Practical Approach*. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 88–114.
- Stefani G, Brandão Aquaroli D, Batista Gonçalves Costa Júnior J, Santana Júnior ML, Tonhati H, Sesana RC, El Faro L. 2021. Genetic parameters for dystocia, milk yield and age at first calving in Brazilian Holstein cows. *Journal of Applied Animal Research*, 49:1–5.
- Steinbock L, Näsholm A, Berglund B, Johansson K, Philipsson J. 2003. Genetic effects on stillbirth and calving difficulty in Swedish Holsteins at first and second calving. *Journal of Dairy Science*, 86:2228–2235.
- Stewart M, Stafford KJ, Dowling SK, Schaefer AL, Webster JR. 2008. Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic. *Physiology and Behavior*, 93:789–797.
- Stewart M, Verkerk GA, Stafford KJ, Schaefer AL, Webster JR. 2010. Noninvasive assessment of autonomic activity for evaluation of pain in calves, using surgical castration as a model. *Journal of Dairy Science*, 93:3602–3609.
- St-Pierre NR, Cobanov B, Schnitkey G. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *Journal of Dairy Science*, 86:E52–E77.
- Sutherland MA, Rogers AR, Verkerk GA. 2012. The effect of temperament and responsiveness towards humans on the behavior, physiology and milk production of multiparous dairy cows in a familiar and novel milking environment. *Physiology and Behavior*, 107:329–337.
- Swanson DC. 2011. *Signal processing for intelligent sensor systems with MATLAB*, 2nd edition. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, pp. 684.
- Swartz TH, McGilliard ML, Petersson-Wolfe CS. 2016. Technical note: The use of an accelerometer for measuring step activity and lying behaviors in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 99:9109–9113.
- Swartz TH, Schramm HH, Bewley JM, Wood CM, Leslie KE, Petersson-Wolfe CS. 2018. Meloxicam administration either prior to or after parturition: Effects on behavior, health, and production in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101:10151–10167.
- Szenci O, Taverne MAM, Bakonyi S, Erdődi A. 1988. Comparison between pre- and postnatal acid-base status of calves and their perinatal mortality. *Veterinary Quarterly*, 10:140–144.
- Szenci O. 1982. Correlations between muscle tone and acid-base balance in newborn calves: experimental substantiation of a simple new score system proposed for neonatal status diagnosis. *Acta Veterinaria Hungarica*, 30:79–84.
- Szenci O. 1983. Effects of type and intensity of assistance on acid-base balance of newborn calves. *Acta Veterinaria Hungarica*, 31:73–79.
- Szenci O. 1985. Role of acid-base disturbances in perinatal mortality of calves (A summary of thesis). *Acta Veterinaria Hungarica*, 33:205–220.
- Szenci O. 2003. Role of acid-base disturbances in perinatal mortality of calves: review. *The Veterinary Bulletin*, 73:7R–14R.
- Tao S, Orellana RM, Weng X, Marins TN, Dahl GE, Bernard JK. 2018. Symposium review: the influences of heat stress on bovine mammary gland function. *Journal of Dairy Science*, 101:5642–5654.

- Tarvainen MP, Niskanen JP. 2008. Kubios HRV Version 2.1 User's Guide. Department of Physics, University of Kuopio, Kuopio, Finland.
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology 1996: Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation*, 93:1043–1065.
- Taverne MAM, Bevers MM, van der Weyden GC, Dieleman SJ, Fontijne P. 1988. Concentration of growth hormone, prolactin, and cortisol in fetal and maternal blood and amniotic fluid during late pregnancy and parturition in cows with cannulated fetuses. *Animal Reproduction Science*, 17:51–59.
- Taverne MAM, Noakes DE. 2009. Parturition and the care of parturient animals, including the newborn. In: Noakes DE, Parkinson TJ, Engalnd GCW (eds.), *Veterinary Reproduction and Obstetrics*. Saunders Elsevier, London, UK, pp. 154–205.
- Theurer ME, Amrine DE, White BJ. 2013. Remote noninvasive assessment of pain and health status in cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 29:59–74.
- Theurer ME, Anderson DE, White BJ, Miesner MD, Larson RL. 2014. Effects of weather variables on thermoregulation of calves during periods of extreme heat. *American Journal of Veterinary Research*, 75:296–300.
- Thom EC. 1959. The discomfort index. *Weatherwise*, 12:57–59.
- Thomsen PT. 2005. Loser cows in Danish herds. In: *Proceedings of the Annual Conference of Bovine Practitioners and Production Consultants*, Nyborg, Denmark, pp. 109–114.
- Thorburn GD, Nicol DH, Bassett JM, Shutt DA, Cox RI. 1972. Parturition in the goat and sheep: changes in corticosteroids, progesterone, oestrogens and prostaglandin F. *Journal of Reproduction and Fertility*, 16:61–84.
- Thornton P, Nelson G, Mayberry D, Herrero M. 2022. Impacts of heat stress on global cattle production during the 21st century: a modelling study. *Lancet Planet Health*, 3:e192–e201.
- Todd CG, Millman ST, McKnight DR, Duffield TF, Leslie KE. 2010. Nonsteroidal antiinflammatory drug therapy for neonatal calf diarrhea complex: effects on calf performance. *Journal of Animal Science*, 88:2019–2028.
- Uvnäs-Moberg K, Petersson M. 2005. Oxytocin, ein Vermittler von Antistress, Wohlbefinden, sozialer Interaktion, Wachstum und Heilung. *Zeitschrift für Psychosomatische Medizin und Psychotherapie*, 51:57–80.
- Vannucchi CI, Rodrigues JA, Silva LC, Lúcio CF, Veiga GA, Furtado PV, Oliveira CA, Nichi M. 2015b. Association between birth conditions and glucose and cortisol profiles of periparturient dairy cows and neonatal calves. *Veterinary Record*, 176:358.
- Vannucchi CI, Rodrigues JA, Silva LC, Lúcio CF, Veiga GA. 2015a. Effect of dystocia and treatment with oxytocin on neonatal calf vitality and acid-base, electrolyte and haematological status. *The Veterinary Journal*, 203:228–232.
- Varga J, Mester L, Börzsönyi L, Lekeux P, Szenci O. 2001. Improved pulmonary adaptation in newborn calves with postnatal acidosis. *The Veterinary Journal*, 162:226–232.
- Vermorel M, Dardillat C, Vernet J, Demigne C. 1983. Energy metabolism and thermoregulation in the newborn calf. *Annales de Recherches Veterinaires*, 14:382–389.
- Vitali A, Segnalini M, Bertocchi L, Bernabucci U, Nardone A, Lacetera N. 2009. Seasonal pattern of mortality and relationships between mortality and temperature-humidity index in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92:3781–3790.
- von Borell E, Langbein J, Després G, Hansen S, Leterrier C, Marchant-Forde J, Marchant-Forde R, Minero M, Mohr E, Prunier A, Valance D, Veissier I. 2007. Heart rate variability as a measure

- of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals: a review. *Physiology and Behavior*, 92:293–316.
- von Borell E. 2001. The biology of stress and its application to livestock housing and transportation assessment. *Journal of Animal Science*, 79:260–267.
- von Keyserlingk MAG, Weary DM. 2007. Maternal behavior in cattle. *Hormones and Behavior*, 52:106–113.
- Wagner K, Barth K, Hillmann E, Palmed R, Futschike A, Waiblinger S. 2013. Mother rearing of dairy calves: Reactions to isolation and to confrontation with an unfamiliar conspecific in a new environment. *Applied Animal Behaviour Science*, 147:43–54.
- Wang J, Li J, Wang F, Xiao J, Wang Y, Yang H, Li S, Cao Z. 2020. Heat stress on calves and heifers: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 11:79.
- Ward J. 1973. Week calf syndrome. In: *Proceedings of the 6th Annual Convention of American Association of Bovine Practitioners*, Texas Digital Library, USA, pp. 97–103.
- West JW. 2003. Effects of Heat-stress on Production in Dairy Cattle. *Journal Dairy Science*, 86:2131–2144.
- Wilcox CS, Schutz MM, Rostagno MR, Lay DC Jr, Eicher SD. 2013. Repeated mixing and isolation: measuring chronic, intermittent stress in Holstein calves. *Journal of Dairy Science*, 96:7223–7233.
- Woodward SJR, Edwards JP, Verhoek KJ, Jago JG. 2024. Identifying and predicting heat stress events for grazing dairy cows using rumen temperature boluses. *JDS Communications*, 5:431–435.
- Wooley DN. 2010. Parturition maternal cortisol concentrations on postnatal cortisol concentration and immunoglobulin absorption in neonatal dairy calves. LSU Master's Theses. 4124. Elérhető online: [https://repository.lsu.edu/gradschool\\_theses/4124](https://repository.lsu.edu/gradschool_theses/4124). Letöltés napja: 2024. szeptember 4.
- Yang WZ, Beauchemin KE. 2006. Effects of physically effective fiber on chewing activity and rumen pH of dairy cows fed diets based on barley silage. *Journal of Dairy Science*, 89:217–228.

## MELLÉKLETEK

### M1. Az ellés körüli időszak vizsgálatai során készült érdekesebb fotók



A borjú gondozására irányuló anyai viselkedés ellést követően **Fotó:** Dr. Kovács Levente



Újszülött ikerborjak szívritmus-mérő készülékekkel felszerelve. **Fotó:** Dr. Kovács Levente



Az életképesség pontozása egyedi elletőboksban. **Fotó:** Kézér Fruzsina Luca



Szülészeti segélynyújtás nehézellés során. **Fotó:** Kézér Fruzsina Luca

## M2. A hőstressz-vizsgálatok során készült fotók



Egy vizsgálati állat rögzítése a nyálmintavétel előtt. **Fotó:** Dr. Kovács Levente



POLAR RS800CX szívritmuspórával felszerelt tehenek. **Fotó:** Dr. Kovács Levente



Szívritmus-adatok letöltése a terepmunka során. **Fotó:** Dr. Kovács Levente



POLAR V800 szívritmusmérő órával felszerelt borjú. **Fotó:** Dr. Kovács Levente



A nem árnyékolt borjúketrecek és igluk, valamint az árnyékoló szerkezetre rögzített POLAR szívritmusmérő órák. A fotó háttérében az árnyékolt borjú ketrecek láthatók. **Fotó:** Dr. Kovács Levente



A környezeti hőmérséklet és páratartalom mérése Testo 175H1 műszerrel. **Fotó:** Dr. Kovács Levente