

Szent István Egyetem

**Akut és krónikus stressz vizsgálata tejelő teheneken a szívritmus-  
változékonyság meghatározásával**

Doktori (PhD) értekezés

**Kovács Levente**

Gödöllő

2014

## A doktori iskola

- megnevezése:** Állattenyésztés-tudományi Doktori Iskola
- tudományága:** Állattenyésztés-tudomány
- vezetője:** Prof. Dr. Mézes Miklós  
egyetemi tanár, az MTA levelező tagja  
Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,  
Állattudományi Alapok Intézet, Takarmányozástani Tanszék
- témavezető:** Prof. Dr. Tózsér János  
egyetemi tanár, az MTA doktora  
Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,  
Állattenyésztés-tudományi Intézet
- társtémavezető:** Dr. Jurkovich Viktor PhD  
tudományos munkatárs  
Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Kar,  
Állathigiéniai, Állomány-egészségtani és Állatorvosi Etológiai Tanszék

---

A témavezető jóváhagyása

---

A társtémavezető jóváhagyása

---

Az iskolavezető jóváhagyása

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>TARTALOMJEGYZÉK.....</b>	<b>1</b>
<b>RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE.....</b>	<b>5</b>
<b>1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK .....</b>	<b>7</b>
<b>2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1. A tejelő tehenek jóllétét befolyásoló néhány tényező .....</b>	<b>11</b>
2.1.1. Tartástechnológia, a pihenőtér kialakítása .....	11
2.1.2. A fejés és annak automatizálása.....	11
2.1.3. A sántaság .....	12
2.1.4. Az állatokkal való bánásmód .....	13
2.1.5. A szociális stressz .....	14
<b>2.2. A stressz.....</b>	<b>15</b>
2.2.1. A stressz klasszikus értelmezései.....	15
2.2.2. A stressz vegetatív idegrendszeri megközelítése .....	15
2.2.3. A stressz viselkedési és neuroendokrin vonatkozásai.....	16
<b>2.3. A szívritmus-változékonyság (HRV).....</b>	<b>18</b>
2.3.1. A HRV élettani alapjai .....	18
2.3.2. A HRV kutatásának kezdetei és fejlődése .....	19
2.3.3. A HRV kutatása háziállat- és vadfajokban .....	20
2.3.4. A HRV vizsgálata tejelő szarvasmarhákon.....	21
2.3.4.1. A HRV helye szarvasmarhák állatjólléti vizsgálataiban .....	21
2.3.4.2. A vizsgálatok gyakorlati kivitelezése .....	23
2.3.4.3. Az R–R-adatok elemzése.....	26
2.3.4.4. A szarvasmarkákon végzett vizsgálatok fontosabb eredményei .....	33
<b>3. SAJÁT VIZSGÁLATOK .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1. Tejelő tehenek szív működésének alapvizsgálatai (1. vizsgálat).....</b>	<b>39</b>
3.1.1. Anyag és módszer .....	39
3.1.1.1. A vizsgálati állatok és tehenészetek .....	39
3.1.1.2. Az adatgyűjtés módszere .....	42
3.1.1.3. Viselkedési megfigyelések .....	44
3.1.1.4. A HRV elemzése .....	48
3.1.1.5. A bélsár kortizolkoncentrációja.....	49
3.1.1.6. Statisztikai értékelés .....	49
3.1.2. Az 1. vizsgálat eredményei és azok értékelése .....	50
3.1.2.1. Az értékelt R–R-szakaszok száma.....	50

3.1.2.2. A szív működési mutatók közötti korreláció .....	52
3.1.2.3. A testhelyzet, a tevékenység és a telep hatása .....	53
3.1.2.4. A bélsár kortizolkoncentrációk .....	57
3.1.2.5. A vérmérséklet és a szív működés összefüggései .....	58
3.1.2.6. Az embertől való félelem élettani és termelési vonatkozásai .....	60
3.1.2.7. A HR- és a HRV-mutatók napszakossága és évszakossága .....	63
3.1.3. Az 1. vizsgálatból levonható következtetések .....	70
<b>3.2. Akut stressz vizsgálata a fejés körüli időszakban (2. vizsgálat) .....</b>	<b>71</b>
3.2.1. Anyag és módszer .....	71
3.2.1.1. A vizsgálati állatok és a vizsgálatok helyszínei .....	71
3.2.1.2. Az adatgyűjtés módszere .....	75
3.2.1.3. Viselkedési megfigyelések és a HRV elemzése .....	75
3.2.1.4. A fejés körülményeinek összefüggései a stresszel .....	78
3.2.1.5. Statisztikai értékelés .....	78
3.2.2. A 2. vizsgálat eredményei és azok értékelése .....	79
3.2.2.1. A lépések és lábemelgetések száma fejés közben .....	79
3.2.2.2. A fejóllásban mért stressz a vizsgált fejési rendszerekben .....	81
3.2.2.3. A HR és a HRV változása a fejés körüli időszakban .....	82
3.2.2.4. A fejés körülményeinek összefüggései a stresszel .....	89
3.2.3. A 2. vizsgálatból levonható következtetések .....	90
<b>3.3. A rektális vizsgálat hatása a szív működésre (3. vizsgálat) .....</b>	<b>91</b>
3.3.1. Anyag és módszer .....	91
3.3.1.1. A vizsgálati állatok és a vizsgálatok helyszíne .....	91
3.3.1.2. Az adatgyűjtés és a HRV elemzése .....	92
3.3.1.3. Statisztikai értékelés .....	92
3.3.2. A 3. vizsgálat eredményei és azok értékelése .....	93
3.3.3. A 3. vizsgálatból levonható következtetések .....	98
<b>3.4. A krónikus stressz szív működési vonatkozásai (4. vizsgálat) .....</b>	<b>99</b>
3.4.1. Anyag és módszer .....	99
3.4.1.1. A kutatás helyszíne és a vizsgálati állatok .....	99
3.4.1.2. Viselkedésvizsgálatok és a HRV elemzése .....	101
3.4.1.3. A vér és a bélsár kortizolkoncentrációja .....	105
3.4.1.4. Statisztikai értékelés .....	106
3.4.2. A 4. vizsgálat eredményei és azok értékelése .....	106
3.4.2.1. A fekvés és állás közben mért HR és HRV .....	106
3.4.2.2. Szív működés és viselkedés takarmányfelvétel közben .....	109
3.4.2.3. Rektális vizsgálat .....	110

3.4.2.4. A fejsz körüli idöszak .....	112
3.4.2.5. A bélsár és a vér szérum kortizolkoncentrációja .....	114
3.4.3. A 4. vizsgálatból levonható következtetések .....	116
<b>4. KÖVETKEZTETÉSEK .....</b>	<b>117</b>
<b>5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK .....</b>	<b>119</b>
<b>6. ÖSSZEFOGLALÁS .....</b>	<b>121</b>
<b>7. SUMMARY .....</b>	<b>125</b>
<b>FELHASZNÁLT IRODALOM .....</b>	<b>129</b>
<b>MELLÉKLETEK .....</b>	<b>167</b>
<b>KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS .....</b>	<b>175</b>



## RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

<b>RR-távolság</b>	az EKG két szomszédos R-hulláma közötti távolság
<b>HR</b>	szívritmus
<b>HRV</b>	szívritmus-változékonyság
<b>LF</b>	a HRV alacsonyfrekvenciás komponense
<b>HF</b>	a HRV nagyfrekvenciás komponense
<b>LF/HF</b>	az alacsony- és nagyfrekvenciás komponensek hányadosa
<b>RRtri</b>	a szívritmus-változékonyság háromszög indexe
<b>TINN</b>	az R–R-távolságok háromszög-interpolációja
<b>RMSSD</b>	a szomszédos R–R-távolságok különbségeinek négyzetgyöke
<b>SD1</b>	a Poincaré-grafikon pontjainak azonosságegyenesre merőleges szórása
<b>SD2</b>	a Poincaré-grafikon pontjainak azonosságegyenessel párhuzamos szórása
<b>SD2/SD1</b>	az SD2- és SD1-mutatók hányadosa
<b>DFA</b>	detrended fluctuation analysis
<b>DFA1</b>	az R–R-távolságok rövidtávú időbeli rendezetlensége
<b>DFA2</b>	az R–R-távolságok hosszútávú időbeli rendezetlensége
<b>CD</b>	correlation dimension
<b>RQA</b>	recurrence quantification analysis
<b>RP</b>	recurrence plot
<b>%REC</b>	az egymást követő pontok aránya az RP mátrixában
<b>%DET</b>	az átlósan emelkedő egymást követő pontok aránya az RP mátrixában
<b>Shannon Entropy</b>	a pontok rendezetlensége az RP mátrixában
<b>Sample entropy</b>	az R–R adatsorok előrejelezhetetlenségének mutatója
<b>L<sub>MAX</sub></b>	a leghosszabb átlós szakasz az RP mátrixban
<b>HHM-tengely</b>	hipotalamusz–hipofízis–mellékvesekéreg-tengely
<b>HSZM-tengely</b>	hipotalamusz–szimpatikus idegrendszer–mellékvesevelő-tengely
<b>GAT</b>	görbe alatti terület
<b>EVF</b>	embertől való félelem
<b>AI</b>	agresszivitás index
<b>TVI</b>	társas viselkedés index
<b>GLM</b>	generalized linear model





## 1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

Az elmúlt évtizedekben a fogyasztói igények kielégítése és a haszon maximalizálása érdekében a modern tejtermelő tehenészetekben világszerte a termelési szint növelése az elsődleges cél. Mi sem bizonyítja ezt jobban, minthogy az USA-ban az éves átlagos laktációs tejtermelés 1953 és 2007 között 2404 kg-ról 9049 kg-ra nőtt (*USDA*, 2008), miközben a tejelő tehénlétszám az 1944-ben regisztrált 25 millióról 2011-re 9 millióra csökkent (*USDA*, 2011).

Az 1970 évek elejétől egyre korszerűsödő tartási és takarmányozási technológia, valamint a holstein-fríz fajta tenyésztésének és tartásának bevezetése lehetővé tette, hogy az egy tehenre jutó átlagos laktációs tejtermelés mára hazánkban is elérje a fejlett szarvasmarha-tenyésztéssel rendelkező országok termelési szintjét. A termelési szint növelése azonban olyan másodlagos tulajdonságok, mint pl. a technológiatűrő-képesség vagy éppen a vérmérséklet hátrányosabb megjelenését vonta maga után, ugyanis a természetes környezetükből kiszakított állatok rendelkezésére álló terület és a természetes viselkedésformák kifejeződésének lehetősége a nagy állatlétszámú, modern tejtermelő telepeken gyakran korlátozott.

Az ember által kialakított technológia és az ember által irányított napi rutin az állatok komfort- és biztonságérzetére is jelentős hatással van, amely hosszútávon a jóllétet is befolyásolja. A rutinszerű beavatkozásokhoz és a gépi-, illetve robotfejéshez történő alkalmazkodás ugyanis sok esetben nehézségeket okoz a környezet változásaira érzékeny, nagy termelésű fajtáknak (*Broom*, 1991; *Weiss és mtsai*, 2004). Mindezekon túl, a tehenek jóllétére a klíma, az istálló szerkezeti kialakítása, a szociális érintkezés különböző formái, a takarmányozástechnológia és az ember-állat kapcsolat is hatással van (*Wiktorsson és Sorensen*, 2004).

Ha az ember által teremtett, mesterséges élettér akadályozza az állatok élet- vagy termelési szükségleteinek kielégítését, jelentős stresszt okozhat számukra (*Györkös*, 2006). A nem megfelelő tartástechnológia, a nem kielégítő takarmányozás, a durva bánásmód (*Taylor és Davis*, 1998), a kezelésektől és a gondozóktól való félelem (*Munksgaard és mtsai*, 2001; *Hemsworth és Boivin*, 2011), valamint a fájdalom (*Mellor és mtsai*, 2000; *Anderson és Muir*, 2005) mind olyan tényezők, amelyek ronthatják az állatok jóllétét.

Ma már általánosan elfogadott, hogy az állatok nem csak fájdalmat éreznek, hanem szenvednek is, mindemellett képesek negatív érzelmeket átélni (*Boissy és mtsai*, 2007; *Dawkins*, 2008). A bizonytalanság érzése (*Holst von*, 1998) és a különböző társas érintkezési formák során fellépő és olykor tartósan fennálló agresszió (*DeVries és mtsai*, 2004) olyan stresszorok, amelyek az állatok jóllétét rontják, jelentősen csökkentve a termelési eredményeket (*Dantzer és Mormède*, 1983) és az állati eredetű élelmiszerek minőségét (*Grandin*, 1983). Újabb vizsgálatok szerint a szervezet élettani egyensúlyának felborulását okozó érzelmi stressz csökkenti a tejtermelést (*Rushen és mtsai*, 2001; *Bruckmaier*, 2005; *Weiss és mtsai*, 2005). Mindezen okok miatt, a közvéleményben a tartás- és fejéstechnológiával kapcsolatos kétségek mára ugyanolyan elterjedtté váltak, mint az állatok egészségi állapotára vonatkozó aggodalmak (*Rushen és mtsai*, 2008).

Az állatjóllét mai értelmezésének kezdetét 1964-re tehetjük, amikor megjelent Ruth Harrison *Állati gépek* (*Animal Machines*) című könyve, amelyben kíméletlen őszinteséggel ír az iparszerű állattartásról és annak káros következményeiről. E mű, lökést adott a különféle állatjólléti bizottságok, állatvédelmi társaságok és kormányzati munkacsoportok megalakulásának (*Van De Weerd*, 2008). A Brit Kormány által 1965-ben felállított Brambell Bizottság jelentésében megfogalmazott meghatározás szerint az állatjóllét magában foglalja az állatok fizikai és érzelmi állapotát is (*Brambell*, 1965). A Brambell-jelentés a szarvasmarhatartásra vonatkozóan is számos gondot tárt

fel, elsősorban a borjúneveléssel kapcsolatosan, ekkor azonban még nem kapott nagy hangsúlyt a tejelő tehenek tartástechnológiájának vizsgálata. Az elmúlt három évtizedben egyre inkább terjedő intenzív tartás- és fejéstechnológiák bevezetésével párhuzamosan a tejelő tehenek közérzetét negatívan befolyásoló környezeti tényezők vizsgálata is felértékelődött (Fraser, 2008). Ennek következménye, hogy az állattartás állatjóléti szempontjainak ismerete és érvényre juttatása az állattartók túlnyomó többségénél az elmúlt években már napi rutinná formálódott (Hanzséros, 2005).

Az állatjólét értékelésében a három legfontosabb szempont az állat egészsége, az állat érzései, valamint hogy mennyire képes az állat a természetes életre (Fraser, 2003). Az állatok egészségének károsodása sok esetben valóban állatjóléti problémát jelez, a termelési mutatók azonban nem állnak egyenes arányban az állatjóléttel: például a nagy tejtermelés nem bizonyítja a jó tartástechnológiai színvonalat, ugyanígy a kis tejtermelés sem jelent mindig nem megfelelő jólléti állapotot, a köztük levő összefüggés bonyolultabb (von Keyserlingk, 2009).

A második szempont az állatok érzéseit (félelem, fájdalom, éhség stb.) hangsúlyozza. E megítélés szerint a jólléti szabályoknak biztosítaniuk kell, hogy az állatok, amennyire csak lehet, mentesüljenek a kellemetlen érzésektől, valamint pozitív érzéseket is átélhessenek bármilyen tartástechnológiában (Yeates és Main, 2008). Bár a pozitív érzelmek állatjólétre gyakorolt kedvező hatásai már régóta bizonyítottak (Fraser, 1995; Duncan, 1996), mérésekre jelenleg meglehetősen kevés érvényesített eljárás áll rendelkezésre (Boissy és mtsai, 2007), amelynek nyilvánvaló oka, hogy a negatív környezeti hatásoknak az állatok viselkedése és élettani mutatói sokkal könnyebben értelmezhető jelzői, mint a kevésbé erősen kifejeződő pozitív érzelmeknek.

A harmadik szempont az állatok természetes életére irányul. Ebben az esetben az állatjólét azt jelenti, hogy megjelenhetnek a természetes viselkedésformák a lehetőségekhez mérten leginkább természeteshez közeli környezetben. A három szempontnak természetesen vannak átfedései, a hivatalos meghatározások általában mindhárom megközelítést ötvözik (Jurkovich és mtsai, 2012b). Az Állat-egészségügyi Világszervezet (World Organisation for Animal Health) 2008-ban megfogalmazott iránymutatása szerint „az állat jólléte biztosított, ha egészséges, jól táplált, biztonságban és kényelemben él, képes a veleszületett viselkedésformákat gyakorolni és nem szenved valamilyen kellemetlen állapottól, mint fájdalom, a félelem, vagy a stressz”. Az 1980-as évektől a háziállat fajokban terjedő viselkedésélettani vizsgálatok nagyrészt az állatjólét ez utóbbi, negatív vonatkozása-it veszik célba.

Több, tejelő tehenek jóllétét vizsgáló tanulmány igazolta, hogy az intenzíven tartott tejelő tehenek számára a fejés (Rushen és mtsai, 2001; Wenzel és mtsai, 2003), a rutinszerű kezelésektől való félelem (von Holst, 1998) és a fájdalom (Broom, 1991; Mellor és mtsai, 2000) az állatoknak stresszt okozhatnak. Napjainkra beigazolódott, hogy a környezeti stressz és a csoportos tartásból fakadó társas kapcsolatok hatásai nem csak klasszikus viselkedési megfigyelésekkel (Milman, 2013; Theurer és mtsai, 2013), hanem számos élettani mutatóval is kifejezhetők (Hopster és Blokhuis, 1994; Rietmann és mtsai, 2004b). A kutatók általában a hipotalamusz–hipofízis–mellékvesekéreg (HHM) tengely által irányított hormonális stresszválaszokat használják a fájdalom és a stressz leírására (Dantzer és Morméde, 1983; von Borell, 2000; Matteri és mtsai, 2000).

A stressz azonban a HHM-tengelyen kívül számos olyan fiziológiai rendszerre hatással van, amely a vegetatív idegrendszer befolyása alatt áll, ilyen például a keringési rendszer. A szervezetet érő környezeti hatások vizsgálatára a többnyire a szimpatikus idegrendszeri tónus változásait jelző szívritmus (heart rate, HR) a legáltalánosabban használt szív működési mutató, amelyet haszonállatfajokban az 1970-es évek elejétől, míg tejelő szarvasmarhákban az 1980-as évek végétől kutatnak. Újabb vizsgálatok szerint az egymást követő szívverések közötti távolságok (R–R-távolságok) meghatározásán alapuló szívritmus-változékonyság (heart rate variability, HRV) a vegetatív ideg-

rendszer tónusában bekövetkező változásokat a szívritmusnál pontosabban mutatja (*Marchant-Forde és mtsai, 2004b*) ugyanis a vegetatív idegrendszer két ágának aktivitását egymástól elkülönítetten mérhetjük vele (*von Borell és mtsai, 2007*).

A módszert az orvostudomány kutatási és klinikai területein az 1960-as évek közepe óta alkalmazzák a szívizom-infarktus, egyes kardiovaszkuláris betegségek és rendellenes mentális állapotok vizsgálatára. Noha a HRV kutatása a humán gyógyászatban Magyarországon már az 1990-as évek közepére nyúlik vissza (*Kardos és Gingl, 1994*), a vegetatív idegrendszer ily módú nem invazív vizsgálatára háziállatokban napjainkig viszonylag kevés törekvés irányult (ló: *Nagy és mtsai, 2009*; kutya: *Tóthné Maros és mtsai, 2009*). Ezzel szemben az USA-ban, Új-Zélandon és Nyugat-Európában a stressz viselkedési és fiziológiai összefüggéseinek értékelésére egyre gyakrabban alkalmazzák e módszert olyan gazdaságilag fontos haszonállatokban is, mint pl. a szarvasmarha, a sertés, a juh és a házityúk (*von Borell és mtsai, 2007*). Tejelő teheneken az alap kutatásokon kívül főként fejés során használtak szív működési változókat az állatok stressz szintjének kifejezésére. Ezek a vizsgálatok legtöbbször újonnan beüzemelt robotizált, illetve hagyományos fejési rendszerek viselkedési és stresszélettani vonatkozásait tárgyalták.

Tejelő szarvasmarhák szív működését egészen az utóbbi évekig nem vizsgálták a többek között a tartástechnológia hibáiból eredő krónikus stresszállapotok (pl. sántaság) jellemzése céljából, holott az állattartásban gyakran előfordul, hogy különböző negatív hatások egy időben és ismétlődve jelentkeznek (*Dantzer és Morméde, 1983*).

A szakirodalmat tanulmányozva az is kiderül, hogy a fejés során fellépő technológiai stressz értékelése számos ponton érint olyan kérdéseket, amelyekre egyelőre nincs pontos válasz. A legtöbb fejéssel kapcsolatos kutatást kísérleti telepeken végezték, így a kapott eredmények nem biztos, hogy termelő gazdaságokon a gyakorlat számára is hasznosíthatóak. Ezeknek az eredményeknek a jobb megértéséhez és gyakorlati hasznosíthatóságához mindenképpen olyan vizsgálatokra lenne szükség, amelyek a mindennapos telepi munkához és az állatok napi ritmusához a lehető legmesszebbmenőkig igazodva, termelő tehenészetekben mérik fel az állatok fejés körüli technológiatűrő-képességét és stresszérzékenységét.

## Célkitűzések

Dolgozatomban tejlő szarvasmarhákon telepi körülmények között végzett kutatási eredményeim bemutatásával igyekszem alátámasztani a vizsgálati módszer létjogosultságát a viselkedéssel és az állatjóllét, de legfőképpen az állattenyésztés területein. Véleményem szerint ugyanis, a technológiai környezetben fellépő stressz műszeres meghatározása nem csak a tudomány számára lehet érdekes, hanem a gyakorló szakembereknek is hasznos információkkal szolgálhat, kézzelfogható segítséget nyújtva a tartás- és fejéstechnológiából adódó stresszorok enyhítésében. Egyes vizsgálataimban a szív működési értékek monitorozását kiegészítendő invazív (vér kortizolkoncentráció) és nem invazív (belső kortizolkoncentráció) hormonvizsgálatokat is szükségesnek tartottam az állatok jóllétének és stressz szintjének lehető legteljesebb meghatározására. Mindezek alapján, kutatásaim során az alábbi főbb célkitűzéseket fogalmaztam meg:

1. a szív működés alapértékeinek meghatározása tejlő tehenek különböző testhelyzetei és tevékenységei során, különböző méretű és tartástechnológiájú tehenészetekben,
2. a vérmérséklet és az embertől való félelem összefüggéseinek feltárása a nyugalmi szív működési alapértékekkel és a belső kortizolkoncentrációjával,
3. a HR és a HRV évszakosságának és napszakosságának vizsgálata,
4. a hagyományos és automatizált fejés, mint mindennapos akut stresszor szív működési és viselkedési vonatkozásainak vizsgálata a hazánkban leggyakoribb fejési rendszerekben és a még újdonságnak számító fejőrobot üzemelése során,
5. a rektális vizsgálat, mint időszakos akut stresszor szív működési vonatkozásainak vizsgálata szárazonálló és tejlő teheneken,
6. a sántaság okozta krónikus stressztől szenvedő állatok nyugalmi és takarmányfelvétel közbeni szív működésének viselkedéssel párhuzamos vizsgálata, és
7. a sánta és egészséges állatok akut stressz hatásra (rektális vizsgálat, fejőházi fejés) adott szív működési és hormonális válaszainak értékelése.

## 2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1. A tejelő tehenek jóllétét befolyásoló néhány tényező

#### 2.1.1. Tartástechnológia, a pihenőtér kialakítása

Tejelő tehenek jóllétét különböző tartástechnológiák mellett sok tanulmány vizsgálta (*Fulwider és mtsai, 2007*). Az állatok közvetlen vizsgálatán alapuló kutatások a kötetlen istállók komfortját legtöbbször az állási és fekvési viselkedésen, a lefekvések gyakoriságán, illetve a sántaság és a csánk sérüléseinek előfordulási gyakoriságán keresztül értékelik.

A legtöbb különbség az állatok viselkedésében az almozási módszerek közötti eltérésekből adódik (*Cook, 2003; Tucker és Weary, 2004a*). A tiszta, száraz és az állatok számára komfortos pihenőtér a tejelő tehenek jóllétét növeli, ugyanis ilyen körülmények között naponta 10–12 órát töltenek pihenéssel (*Haley és mtsai, 2001*). Az állatok pihenőhelyének megfelelő kialakítása a pihenési idő hosszát, ezáltal a tejtermelést is növeli. A puhább pihenőtéren az állatok több időt töltenek pihenéssel és kevesebbet állnak (*Haley és mtsai, 2001*). A kemény pihenőboks-padozat alkalmazása ezért sok almot igényel, de ha gumiból készült matracot használunk, a napi alomszükséglet kevesebb lehet. A matracra való nagy mennyiségű almozás jelentős mértékben növeli a komfortérzetet, amelyet a fekvési idő növekedése is igazol (*Tucker és Weary, 2004a*). Amennyiben csupán matracot használnak, az állatok komfortérzetének csökkenése mellett a sántaság előfordulásának (*Dippel és mtsai, 2009*) és a sérülések kialakulásának (*Fulwider és mtsai, 2007*) veszélye is megnő.

Az utóbbi időben a szervetlen alomanyagok is elterjedtek. Azokon a telepeken, ahol homokkal almoztak, a sántaság előfordulási gyakorisága kisebb volt, mint azokban a tehenészetekben, ahol matracos tartásmódot alkalmaztak (*Cook, 2003*). Különösen az USA nagy létszámú telepein rendszeres a homok alkalmazása, mert ez biztosítja leginkább a tőgy tisztaságát. Egy vizsgálat szerint a tehenek szívesebben feküdtek homok vagy fűrészpor mélyalmon, mint olyan matracokon, amelyeket fűrészporral almoztak (*Tucker és mtsai, 2003*). Amennyiben a homok vagy fűrészpor nem jöhet szóba, akkor a szalma a megfelelő megoldás.

#### 2.1.2. A fejés és annak automatizálása

A tejelő tehenészetekben alkalmazott fejési technológia az állatok jóllétének befolyásolásával hatással lehet a tejtermelésre is (*Rushen és mtsai, 2001*). A termelési környezetben bekövetkező változások és az ezzel járó alkalmazkodási kényszer nehézséget jelenthetnek a technológiai változásokra érzékeny, nagy termelésű egyedek számára (*Hopster és mtsai, 2002; Weiss és mtsai, 2005*).

Az 1980-as években a fejés számos munkaműveletét automatizálták, csökkentve ezzel az emberi munkaerő-szükségletet (*Tóth és Bak, 2000*). A korszerű fejőberendezések hatékonyan működnek, de a tőgyelőkészítést, a fejőkészülék felhelyezését és az utófertőtlenítést ma is ember végzi (*De Koning és Rodenburg, 2004*). A fejőrobotokat, amelyek már az előbb említett műveleteket is megoldják, a 90-es évek elején állították munkába Hollandiában és 2009-re mintegy 8000 tehenészetben használták (*Jacobs és Siegford, 2012*).

Állatjólléti szempontból a robotfejés egyik előnye a hagyományos fejőházi fejéssel szemben, hogy a nagy tejtermelésű egyedek gyakrabban, saját igényük szerint mehetnek fejésre (*Kremer és Ordolff, 1992; De Koning és Rodenburg, 2004*), így tőgyükben mérsékeltbb nyomást érezhetnek. A fejés ideje alatt azonban az állatok nincsenek kapcsolatban társaikkal és az ember sem vesz

részt a fejési folyamatban, szemben a hagyományos fejési rendszerrel (*Wagner-Storch és Palmer, 2003*). A két technológia különbözik a tögytisztítás, a kehelyfelhelyezés, így a tejleadás, valamint a kehelylevétel időzítésében is (*Hagen és mtsai, 2004*). Felvetődik a kérdés, miként képesek a már több éve hagyományos fejőházi rendszerhez szokott termelő állatok alkalmazkodni az új technológiához. *Weiss és munkatársai (2005)* arra a következtetésre jutottak, hogy a már korábban fejőrobotban fejt teheneknek nincs szükségük újabb adaptációs időszakra akkor sem, ha a későbbiekben ismét (huzamosabb ideig) hagyományos technológiában fejk. Ezzel szemben az automatizált fejésben tapasztalatlan állatoknak hosszabb hozzászokási időszakra van szükségük ahhoz, hogy a termelési veszteség az új fejési rendszer bevezetése után elfogadható mértékű legyen.

Több vizsgálat alapján a tehenek számára kezdetben stresszt okoz a robotfejés. Ennek legfőbb oka, hogy az állatok nehezen szokták meg az új fejőállást és a robotkar működése is zavarhatja azokat (*Kremer és Ordolff, 1992; Weiss és mtsai, 2005*). Mivel a fejőrobothoz való hozzászokási idő csökkentése fontos feladat, a robotizált fejés értékelése nem csak állatjóléti, állategészségügyi, hanem termelési vonatkozásait tekintve egyre hangsúlyosabb kutatási terület (*Bruckmaier és mtsai, 2001; Dzidic és mtsai, 2004; Mačuhová és mtsai, 2004*).

### 2.1.3. A sántaság

A sántaság különböző fertőzések (pl. dermatitis digitalis) vagy egyéb, nem fertőző okok (pl. sérülések) miatt kialakult mozgásszervi tünetegyüttes, amely tejelő tehenészetekben a tögygyulladás és a szaporodásbiológiai zavarok után a harmadik legjelentősebb veszteségforrás. Előfordulási gyakorisága hazánkban egyes tehenészetekben meghaladhatja a 70%-ot (*Jurkovich és mtsai, 2007; Jurkovich és mtsai, 2012a*). Az USA-ban a klinikai sántaság előfordulásának gyakorisága egy felmérés szerint 20 és 30% közé tehető (*Espejo és mtsai, 2006*) és leggyakrabban a kötetlen tartású tehenistállóban figyelhető meg (*Haskell és mtsai, 2006*). A sántaság kialakulásában szerepet játszó legfontosabb tényezők az istállópadozat minősége, a közlekedőfolyosók felülete, a legeltetés nélküli tartás és a kényelmetlen pihenőboksok (*Cook és Nordlund, 2009*).

A sánta tehen kevésbé képes a környezethez alkalmazkodni, ugyanis a fájdalom súlyosan korlátozza mozgását és egyéb mozdulatait (*O'Callaghan és mtsai, 2003*). Ezek az állatok kevesebb időt töltenek táplálkozással (*González és mtsai, 2008*), többet fekszenek (*Chapinal és mtsai, 2009*) és hátrébb szorulnak a rangsorban (*Galindo és Broom, 2002*). A krónikus stressz következtében viselkedésük megváltozik, takarmányfogyasztásuk csökken, kondíciójuk, egészségi állapotuk, szaporodásbiológiai mutatóik romlanak. A sántaság okozta tejtermelés-csökkenés elérheti a 10–15%-ot is (*Green és mtsai, 2002; Bicalho és mtsai, 2008*). A testsúlyából 50–100 kg-ot is veszíthet az állat, ami 0,3–1 pont kondícióromlást jelent (*Jurkovich és mtsai, 2007; Kudi és mtsai, 2009*).

A veszteségeket növelik a gyógyszerek költségei és a selejtezések is. *Ózsvári és munkatársai (2007)* számításai szerint egy ezer tehenet tartó telepen a lábvégbetegségek évente hozzávetőlegesen 10 millió forintos nagyságrendű gazdasági kárt okoznak. Sajnálatos módon, a gazdák nehezen ismerik fel a korai szakaszban lévő sántaságot és többnyire alul is értékelik annak jelentőségét (*Whay és mtsai, 2003*). Nehézzé teszi a sántaság mozgás alapján történő bírálatát, hogy a sántaság mértékének pontos meghatározása és mozgással való összefüggései nagymértékben szubjektív megállapításokon alapulnak (*Tadich és mtsai, 2009*), illetve kevés tudományos leírás van arról, hogy milyen egy egészséges tehen mozgása (*von Keyserlingk és mtsai, 2009*). A gyakorlatban többféle mozgáskép-pontozási rendszer is elterjedt, amelyek 3 (*Welfare Quality, 2009*), 4 (*Bell és Huxley, 2009*), illetve 5 pontos (*Sprecher és mtsai, 1997*) skálán mérik a sántaság súlyosságát.

### 2.1.4. Az állatokkal való bánásmód

A gondozó és az állatok ismétlődő érintkezése többféleképpen hathat a tehenekre. Ezek az interakciók az állatokat menekülésre, vagy éppen ellenkezőleg, a gondozók megközelítésére ösztönözhetik (*Waiblinger és mtsai, 2006*). Ezek a reakciók rendkívül változatosak. Ilyen a menekülés és az ember elkerülése, pozitív kapcsolatok kialakítása az emberrel (felkeresés, nyalogatás, stb.) és az állatok könnyű kezelhetősége. A szarvasmarha–farmer kapcsolat fontos tényezője az állatok ember-től való félelmének (*Hemsworth, 2003; Breuer és mtsai, 2003*). Mivel az állatok a kellemetlen kezeléseket gyakran az emberrel társítják, sokszor ez az oka, hogy bizonyos helyzetekben távolságtartóbbak, vagy igyekeznek elkerülni az embert (*Rousing és mtsai, 2005*). Egyes egyedek azonban az ember közeledésekor nem a menekülést, hanem a támadó magatartást választják (**1. kép**).

Bár a féltékenység genetikailag meghatározott (*Le Neindre és mtsai, 1995; Grandin, 1997*), a tartástechnológia és az állatok rendelkezésére álló terület nagysága is befolyásolhatja az állatok társas viselkedését és az ember–állat kapcsolatát (*Raussi, 2003; Waiblinger és mtsai, 2006*). Erre jó példa, hogy az egyedileg nevelt bikaborjak későbbi életkorban sokkal agresszívebbé válnak az emberrel szemben, mint azok az állatok, amelyeket csoportos tartásban neveltek (*Price és Wallach, 1990*).



**1. kép:** A személyes térbe való behatolás agresszív viselkedést válthat ki (Nóráp)

*Fotó:* Gombos Rebeka

Az állatokkal való bánásmód is hatással van az embertől való félelem mértékére (*de Passillé és mtsai, 1996*). Kimutatták, hogy a tehenek képesek különbséget tenni a gondozók között, felismerik őket ruhájuk színe és viselkedésük alapján (*Munksgaard és mtsai, 1997*). Felismerik és elkerülik azokat az embereket, akik durván bántak velük, nyugtalanabbak fejéskor és visszatartják a tejet, ha ilyen személy van jelen a fejéskor (*Munksgaard és mtsai, 2001*).

Az embertől való félelem mértékének meghatározására alkalmas a húsmarhafajták vérmérséklet vizsgálatára nemzetközileg is elfogadott menekülési távolság mérése (*Kabuga és Appiah, 1992*), amely az állat személyes terének megállapításán alapul. Egy állat 'személyes tere' általánosan egy 'buborékként' írható le, melyen belül az állat elkerül mindenféle találkozást más állatokkal vagy az emberrel (*Bouissou, 1980*). Megannyi tényező közül a tartásmód, az állatok fiziológiai állapota, vérmérséklete és szociális rangsora befolyásolják leginkább. Az e térbe való behatolás minden esetben valamilyen reakciót vált ki. E menekülési zóna határán az állat vérmérsékletétől függően elmenekül, vagy agresszív viselkedést mutat. Míg az igen szelíd állatoknak nincs menekülési zónájuk (**2. kép**), így gyakran engedik, hogy teljesen megközelítsék és megérintsék vagy megsimogassák őket, addig a féltékenyebb állatok esetében ez akár több méter is lehet.



**2. kép:** A nyugodt vérmérsékletű állatok könnyen kezelhetők (Nóráp)

*Fotó:* Kovács Levente

### 2.1.5. A szociális stressz

Az állatok szociális kapcsolatrendszerei többek között a személyes tér és a rangsor alapjául szolgáló alá- és fölérendeltség fogalomrendszerével írható le (*Hand, 1986; Wierenga, 1990*). A rangsor gyakran gyorsan, látványos agresszió nélkül alakul ki (*Ingrand, 2000*), így sokszor csak akkor vehető észre, ha az állatok rendelkezésére álló takarmánymennyiség vagy pihenőtér korlátozott (*Blackshaw és Allan, 1984*). A rangsor és az állatok szociális kapcsolatai legkönnyebben a jászolnál való agresszív és pozitív (társak tisztogatására irányuló nyalogatás) viselkedés (*Jurkovich és mtsai, 2013*) és a helyváltoztatás gyakoriságával állapíthatók meg (*Huzzey és mtsai, 2006*), ezen kívül a táplálkozási gyakoriság, a táplálkozási idő, és a napi takarmányfogyasztás is alkalmas becslésükre (*González és mtsai, 2008*).

Csoportban nevelt borjak esetében hamar kialakul a szociális rangsor. A szarvasmarha társfelismerő képessége viszonylag korlátozott, 30–40 egyedet tud beazonosítani (*Kovács és Gyirmóthy, 2008*). Mivel a szarvasmarhák közötti szociális kapcsolatok kb. 20 egyedig stabilak, az ennél nagyobb csoportlétszám a rangsor instabilitásához és az agresszív viselkedés gyakoriságának növekedéséhez vezethet (*Takeda és mtsai, 2000*). A gyakorlatban 60–80, vagy akár 200 állatot is tartanak egy csoportban. Az ilyen nagy létszámú csoportokban azonban az agresszió és a rangsorharc ritkább, ha az állatoknak elegendő személyes tér jut a pihenőtéren és a jászolnál (*Grant és Albright, 2001*). Egyesek úgy találták, hogy 0,94 m jászolhossz mellett az agresszív megnyilvánulások és a helyváltoztatások gyakorisága hozzávetőlegesen a fele az általánosan biztosított 0,6–0,7 méter állatonkénti jászolhossz mellett megfigyelteknek (*DeVries és von Keyserlingk, 2006*). Ha nem elegendő az egy állatra jutó jászolhossz, a takarmány kiosztása utáni időszakban stabil szerkezetű és kisebb létszámú csoportokban is fellelhetők agresszív megnyilvánulások (*DeVries és mtsai, 2004*).

A takarmányhoz vagy pihenőtérhez való hozzáférés érdekében kialakuló agresszív viselkedés hosszútávon a takarmányfogyasztás csökkenésével és ebből adódóan termeléses csökkenéssel is jár (*Phillips, 1993*). A domináns egyedek esetenként jelentősen több időt töltenek takarmányfelvétellel, mint a rangsorban hátrébb álló társaik (*Friend és Polan, 1973; Metz és Wierenga, 1987*). Az állatok hierarchiájában gyakran felléphet zavar, amely legfőbb forrása a hosszantartó stressz (*Hasegawa és mtsai, 1997*). Ilyen stresszor lehet egy betegség jelenléte, új technológia bevezetése, vagy az állatok gyakori átcsoportosítása.



## 2.2. A stressz

### 2.2.1. A stressz klasszikus értelmezései

Mint ahogy korábban már utaltam rá, a HRV élettani és viselkedéstani kutatásokban való jelentőségét a szervezet stresszt előidéző külső hatásokhoz (stresszorokhoz) való viszonya, illetve alkalmazásának vizsgálata adja. A stressz élettani mutatókkal való meghatározását azonban nehezíti, hogy a stressznek a mai napig sincs általánosan elfogadott meghatározása (*Thayer és mtsai*, 2012), valamint nem létezik egyetlen egyszerű módszer a stressz mérésére (*Hofer és East*, 1998).

A stressz fogalma az 1930-as években vált ismertté, amikor Selye János világhírű biológus, stresszkutató a *Nature* folyóiratban megfogalmazta stresszelméletét (*Selye*, 1936). Az általa leírt stressz–stresszor–stresszreakció fogalomrendszerén alapuló stresszelmélet alapján: „a stressz a test nem specifikus válasza a testet ért nem fajlagos igénybevételekre”. Minden inger kétféle reakciót vált ki: egy, csak rá jellemző specifikus reakciót és egy általános, nem specifikus reakciót, mely a behatás jellegétől függetlenül a szervezet általános alkalmazkodási képességére vonatkozik. Selye ezt a nem specifikus alkalmazkodási reakciót nevezte stressznek, attól függetlenül, hogy a stresszorok kellemetlenek vagy kellemesek.

Gazdasági állatok stresszkutatásában használt elnevezés szerint a stressz olyan környezeti inger, amely 'stresszorként' a homeosztázis egyensúlyának felborulásához, 'stresszválaszként' az állat ennek megfelelő védekező reakciójához vezet (*Möstl és Palme*, 2002). Nehezíti azonban a stressz állatjóléti vizsgálatokban való értelmezését az a tény, hogy – bár az állat jólléte többek szerint feltételezi a stressz hiányát – a stressz maga nem rontja minden esetben a jóllétet (*von Borell*, 2001). Ennek oka, hogy a stressz során lejátszódó élettani folyamatok – főleg, ha az inger hatása nem tartós – önmagukban nem feltétlenül károsak (*Moberg*, 2000). Glükokortikoidok egyúttal számos izgalommal járó tevékenység által okozott ún. eu- vagy pozitív stressz (*Selye*, 1976) fellépésekor is felszabadulnak, mint pl. az udvarlás, pázás és vadászat (*Broom és Johnson*, 1993).

Selye nemspecifikus stresszelméletének létjogosultságát később többen is megkérdőjelezték. *Mason* (1971) szerint, mivel a HHM-tengely aktivitása többnyire az állat érzelmi állapotától függ, így a stresszorok nem feltétlenül aktiválják, amikor az állat a kihívást nem érzi stresszesnek. Mindezek alapján, *Mason* értelmezésében, a stresszválasz nem maga a válasz miatt nem specifikus, hanem a környezeti ingerek élettani jellege miatt, amelyek az állatokra, mint érző lényekre hatnak. A stressz fogalma továbbá meglehetősen viszonylagos. Egy inger ugyanis, amely egy egyed számára stresszorként hat, nem biztos, hogy egy másik egyed számára is stresszt jelent (*Levine és Wiener*, 1991). A stresszre adott válaszban ugyanis a célszervezet válaszkészsége, reaktivitása is lényeges. Ez magyarázza, hogy az eltérő külső és belső tulajdonságokkal rendelkező egyedek ugyanazon ingerre különbözőképpen reagálnak. Hogy egy inger adott környezetben kihívás elé állítja-e az állatot, az elsősorban a központi idegrendszer érzékenységének függvénye (*Ladewig*, 2000).

### 2.2.2. A stressz vegetatív idegrendszeri megközelítése

A *Broom* (1996) által alkotott állatjólét meghatározása alapján az állatok egészségével és jóllétével foglalkozó kutatók többsége a stressz jelenségét az eddig leírtaknál ma jóval általánosabban fogalmazza meg, mint „az állatok környezettel való megküzdésre történő kísérletét” (*Terlouw és mtsai*, 1997), doktori értekezésemben, mégis, az alább leírtak szerint értelmezem.

Az elmúlt évtizedekben többen közelítették meg a stressz fogalmát a homeosztázis Claude Bernard egy korai definíciója felől, amely a belső környezet „le milieu interieur” fenntartásában szerepet játszó élettani folyamatok közül az idegrendszert és annak dinamikus és folyamatosan ingadozó természetét emeli ki (Gross, 1998). Ezek közül a legérdekesebb Stephen W. Porges, az idegtudományok terén is jelentős sikereket elérő fejlődépszichológus értelmezése, amely szerint a hagyományos modellekkel ellentétben, a paraszimpatikus idegrendszer határozza meg a stresszreaktivitást és a stresszérzékenységet (Porges, 1995). Porges stresszelmélete a Bernard-féle modell azon megállapításán nyugszik, amely szerint a paraszimpatikus idegrendszer a szervezet belső igényeit támogatja, míg a szimpatikus idegrendszer a külső kihívásokra válaszol. Ekképpen, a paraszimpatikus idegrendszer tartja fenn a homeosztázist. E nézet szerint a homeosztázis leírható a vegetatív idegrendszer olyan állapotával, amely a külső kihívásokra nem válaszoló szervezet belső szükségleteit látja el. Mivel ez az állapot a vágusz tónus túlsúlyával írható le, a stressz megfogalmazható úgy is, mint a homeosztázis megbomlását jellemző vegetatív idegrendszeri állapot, amely a paraszimpatikus tónus csökkenésével jár (Porges, 1995).

A fentiek szerint tehát, a hagyományos stresszelméletekkel ellentétben, nem a szimpatikus aktivitás mérése, hanem inkább a paraszimpatikus idegrendszeri tónus vizsgálata lehet alkalmas a stresszre adott reakciók értelmezésekor.

### 2.2.3. A stressz viselkedési és neuroendokrin vonatkozásai

A stresszor megjelenésére adott viselkedési reakciók általában rövidtávúak és viszonylag gyors megoldást adnak a problémára – pl. takarmány megtalálása, ellenfél elkerülése (Rudas és Frenyó, 1995). Proaktív állatoknál (céljuk a stressz érzelmi hatásának csökkentése) ez a Cannon (1915) által leírt „üss vagy fuss” reakciót, vagyis legtöbbször territoriális, esetleg agresszív viselkedést jelent. Reaktív állatoknál (céljuk a stressz forrásának elkerülése vagy megszüntetése) a fenntartó-visszavonuló viselkedés jellemző, a territoriális viselkedés és az agresszió alacsony szintje mellett (Engel és Schmale, 1972).

Bár a viselkedési válaszok (pl. agonisztikus, zavart vagy sztereotip viselkedés) jól megfigyelhetők és könnyen mérhetőek, mégsem befolyásolják jelentősen a jóllétet (Koolhaas és mtsai, 1999). Ha azonban a kihívás hosszabb távon leküzdhetetlen az állat számára vagy a stresszor erős, krónikus stressz is kialakulhat (Moberg, 2000; Rafai és Kovács, 2007). Noha több, az állatok szív-működését vizsgáló tanulmány is beszámolt a sztereotip viselkedés stresszcsoökkentő hatásáról (Lebelt és mtsai, 1998; Bachman és mtsai, 2003; Nagy és mtsai, 2009), a legtöbbször egyetértenek abban, hogy e viselkedési elemek a stressz kiváltó okát nem képesek megszüntetni (McBride és Cuddelford, 2001). Ezért a sztereotip viselkedést inkább tekinthetjük az állat környezetének indikátorának, mintsem a megküzdés egy hatásos módjának (Wiepkema és Koolhaas, 1993). Az állatok viselkedése azonban nem mindig pontos mutatója a környezeti stressznek. Előfordulhat ugyanis, hogy az állat jólléte korlátozott, de ennek nincsenek szemmel látható jelei (von Borell, 2001). Ennek okán többen úgy vélik, hogy bár az állatok viselkedési reakciói elsősorban a szervezetben lezajló neuroendokrin változások következményei (Korte és mtsai, 1993), ez utóbbi folyamatok leírása pontosabb képet ad az állatok akut stresszre adott reakcióiról (Balm, 1999; Möstl és Palme, 2002).

A gyors stresszválasz irányítói a hipotalamusz paraventriculáris magjában elhelyezkedő corticotropin-releasing hormon (CRH) termelő neuronok, amelyek a hipotalamusz–szimpatikus idegrendszer–mellékvesével (HSZM) tengely aktiválásán keresztül néhány másodpercen belül adrenalin és noradrenalin felszabadulását idézik elő (Moberg, 1985).

A HSZM-rendszer mozgósítja az energiaraktárakat, nő a vérnyomás és gyorsul a szívverés, amely az izmok oxigénellátását serkenti (*Fisher és mtsai, 1982; Moberg, 2000*). A stresszor hatására tehát a vegetatív idegrendszer egy igen gyorsan kialakuló vészreakcióval válaszol (*Cannon, 1914*), ezáltal a szervezet felkészül a fokozott teljesítményre és a stresszel való minél gyorsabb megküzdésre (*von Borell, 2001*). Az állatok különböző megküzdési stratégiáit vizsgáló tanulmányok szerint a proaktív állatoknál a szimpatikus idegrendszer dominanciája érvényesül, míg a reaktív állatokra többnyire a paraszimpatikus idegrendszer túlsúlya jellemző (*Koolhaas és mtsai, 1999*). Mivel a stresszre adott reakció a vegetatív idegrendszer szimpatikus és paraszimpatikus tónusának egyensúlyától is függ (*Task Force, 1996; Porges, 2003*), a HRV vizsgálatával lehetséges a stressz kimutatása. Ennek alapja, hogy az alarm szakaszára jellemző növekvő szimpatikotónussal párhuzamosan a vágusz tónus csökken (*Hess, 1947; Porges, 1995*), amelyet a HRV jelzőszámainak változása kísér (*Cerutti és mtsai, 1995*).

A hormonális stresszválasz egy hosszabban tartó folyamat eredménye és *Selye (1946)* által Általános Adaptációs Szindrómának (General Adaptation Syndrome, GAS) nevezett tünetegyüttes alkalmazkodási fázisában jelentkezik. Létrejöttében számos hormon – többek között az adenokortikotróp hormon (ACTH), glükokortikoidok, katekolaminok és a prolaktin – játszik szerepet (*Matteri és mtsai, 2000*). Az endokrin válaszáért felelős CRH működése következtében felszabaduló antidiuretikus hormon (ADH) a stresszor megjelenése után néhány másodpercen belül a hipofízis elülső lebenyének fokozott ACTH, vazopresszin, béta-endorfin, béta-lipotropin és béta-melanotropin kiválasztását serkenti (*Axelrod és Reisine, 1984; Johnson és mtsai, 1992*). Az ACTH koncentrációja mintegy 15 másodpercen belül megnő a hipofízis portális vérkeringésében, ennek következtében a mellékvesekéreg által kiválasztott glükokortikoidok néhány percen belül megnövekedett mennyiségben ürülnek a vérbe. A kortizol fokozza az aminosavak izmokban történő mobilizációját és fokozza a májban a glükoneogenezist, amely következtében a vérben megnő a glükózkoncentráció (*Young, 1977*). Az ADH fokozza a vesékben a víz visszatartását, hatására a vizelet koncentráliódik és nő a vérnyomás (*Eckert, 1988*). E folyamatok az izmok aktivitásának növelésén keresztül a minél gyorsabb támadást, illetve menekülést segítik elő. *Raynaert és munkatársai (1976)* szerint a glükokortikoidok az energia mozgósításán keresztül rövidtávú stressz esetén szarvasmarhában növelik az állatok életképességét is.

Az ADH fontos szerepet tölt be a krónikus stresszválaszok kialakításában is (*de Goeij és mtsai, 1992; Janssens és mtsai, 1995*). Az ACTH és az ADH olyan tanulási folyamatokra is hatással van, amelyek fontosak a jövőbeli viselkedési és neuroendokrin stressz-válaszok kialakításában (*McGaugh, 1983*). A kortikoszteroidok mindezekén túl, gátolják a sejtszintű immunválaszt, amely megakadályozza a szervezet védekező mechanizmusainak túlműködését (*Munck és mtsai, 1984*). Krónikus stressz (pl. sántaság vagy tartós hőség) esetén azonban a hosszan tartó, magas kortizolkoncentráció immunszuppresszív hatása ronthatja az állatok egészségét (*Dhabhar, 2000*). Amennyiben azonban a stresszor folyamatos hatása mellett lehetséges az alkalmazkodás, kifejlődhet az ellenállás, amelyre a stressz fellépése utáni állapothoz képest alacsonyabb glükokortikoid-koncentráció jellemző. Egyes szerzők szerint ugyanis az akut stresszhez képest kicsi az endokrin válasz a krónikus stressz alatt lévő teheneknél (*Arave és mtsai, 1977*).

## 2.3. A szívritmus-változékonyság (HRV)

### 2.3.1. A HRV élettani alapjai

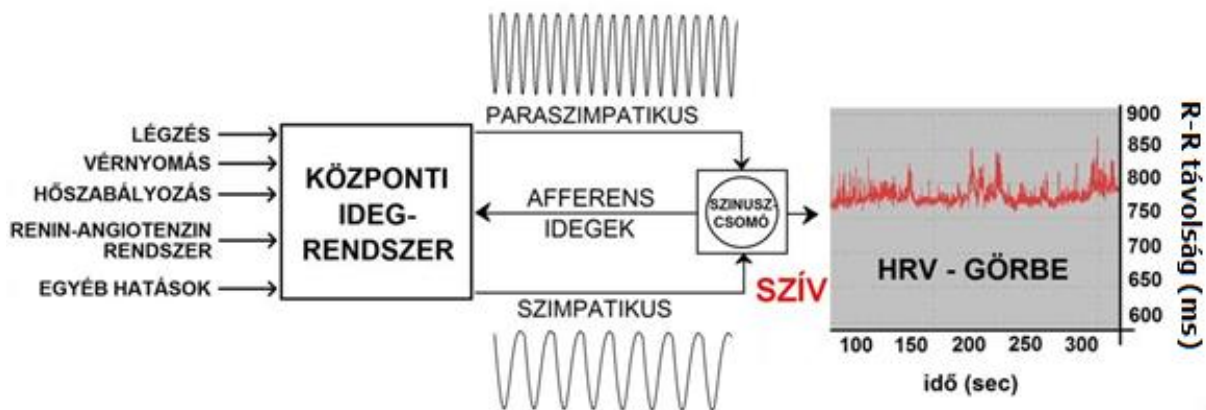
A HR a percenkénti szívverések száma, a viselkedéssel párhuzamosan zajló belső történések egyik általánosan használt mutatója (*Lefcourt és mtsai, 1999*). Meglehetősen változékonny élettani paraméter (*Wascher és mtsai, 2008*). Számos viselkedésetti vizsgálat magyarázata nyugszik azon a feltevésen, amely szerint a HR a vegetatív idegrendszer szimpatikus ágának aktivitását tükrözi, így az állatok stresszreakcióinak (*Hopster és mtsai, 1995; Loijens és mtsai, 2002*) és érzelmi reaktivitásának (*Wolf, 1970; Obrist, 1981*) is jó indikátora. Ez általában igaz, azonban a vegetatív idegrendszer két ágának kölcsönhatása nem feltétlenül derül ki, ha a szív működést csak HR-értékekkel jellemzik (*Malliani, 1995; Marchant-Forde és mtsai, 2004a*). Ennek oka, hogy a HR növekedését bár többnyire a szimpatikus tónus erősödése okozza (*Hainsworth, 1995*), eredményezheti a vágusz tónus csökkenése és a két idegrendszeri ág együttes változása is (*Carney és Freedland, 2009*). Bár bizonyos esetekben a HR is sok információval szolgálhat, monitorozásával csak a vegetatív idegrendszer két ágának interakciójából származó eredő hatás mérhető (*von Borell és mtsai, 2007*). Mivel a szervezet vegetatív válaszát a szimpatikus és paraszimpatikus aktivitás mindenkori egyensúlya határozza meg (*Porges, 1995*), a HR mérése nem minden esetben tájékoztat pontosan a viselkedés hátterében zajló idegrendszeri folyamatokról (*Sayers, 1973*). A HR növekedése megfigyelhető ugyanis nyugalmi állapotban is vagy szemmel látható negatív inger hatására is (*Waiblinger és mtsai, 2006*).

Az már az ezredforduló előtt bizonyosságot nyert, hogy háziállatokban a vegetatív idegrendszer paraszimpatikus (vágusz) komponense jelentős szerepet játszik a stresszre adott szív működési válaszok szabályozásában (*Hopster és Blokhuis, 1994; Hansen és von Borrell, 1998*), így a HRV paraszimpatikus jelzőszámait egyre gyakrabban alkalmazzák állatjóléti vizsgálatokban a stressz kimutatására (*von Borell és mtsai, 2007*).

A HRV vizsgálatának alapja, hogy egészséges állatoknál a két szívverés között eltelt időtartamok (R–R-távolságok) nem egyforma hosszúságúak. Egészséges szív működés esetén ugyanis az EKG két szomszédos R-hulláma között eltelt időtartamok hossza az idő függvényében változik (*Lewis és mtsai, 2007*), amely jól tükrözi az állatok pszichofiziológiai állapotát (*Tóthné Maros és mtsai, 2010*). E szívverések közötti időtartamok változékonyságát határozhatjuk meg a HRV jelzőszámaival, amelyek közül egyesek a vágusz, míg mások a szimpatikus idegi aktivitást jelzik.

A HRV egy összetett élettani mutató, amelyet a szív spontán elektromos ingerképzésében meghatározó szinusz-csomó pacemaker sejtjeinek ingerleadási frekvenciája határoz meg. A vágusz idegvégződésai gazdagon behálózzák a szinuszcsomót, a szív pitvar-kamrai részén a pitvari szívmokokat (*Hainsworth, 1998*), és újabb kutatások szerint a kamra izomzatát is (*Johnson és mtsai, 2004*). A vágusz és a szimpatikus idegrendszeri ág aktivitásának együttes gyógyszeres blokkolása esetén a nyugalmi HR növekedéséről számoltak be (*Cacioppo és mtsai, 1994*). Mindezek, és *Porges* (1995 és 2003) későbbi „Poly-vágusz-elmélete” alapján a szinusz-csomó jellemzően a paraszimpatikus idegi tónus által vezérelt. Mind a jobb (*nervus vagus dexter*), mind a bal oldali (*nervus vagus sinister*) paraszimpatikus ideg stimulálja a szinuszcsomót (0,2–0,6 mp alatt) és 5 mp-en belül csökkenti a HR-t (*Hainsworth, 1995*), azonban ezek a hatások viszonylag rövidtávúak (*von Borell és mtsai, 2007*). A szimpatikus idegrendszer válasza valamivel lassabb (pár mp), amelyet a HR növekedése követ és hozzávetőlegesen 20 mp-ig tart (*Bernston és mtsai, 1997*). Bár a szimpatikus efferensek nem vesznek részt a szív alapritmusának szabályozásában (*Porges és mtsai, 1982*;

*Kanters és mtsai*, 1996), a szívizmok összehúzóási erejének szabályozását elsősorban szimpatikus beidegzésű (*Bárdos*, 2003). Humán vizsgálatok szerint a jobb oldali *Ansa subclavia* (jobb szimpatikus ideg) aktivitása főként a HR-t befolyásolja, míg a bal oldali *Ansa subclavia* a szívverés erősségére hat (*Levy és Martin*, 1979). Mindezek alapján elmondható, hogy a szimpatikus idegrendszer serkenti, míg a paraszimpatikus gátolja a szinusz-csomó spontán ingerképzési frekvenciáját. A szívhez futó vegetatív idegek mellett továbbá számos fiziológiai kontroll- és visszacsatolós mechanizmus is szerepet játszik létrejöttében (**1. ábra**). Ezek közül a renin-angiotenzin rendszer (*Kanters és mtsai*, 1996), a hőszabályozás (*Appel és mtsai*, 1989; *Malliani és mtsai*, 1991), a szimpatikus vazomotor tónus, a mellüregben létrejövő nyomásváltozások, a Bainbridge-reflex, az artériás baroreceptor-reflex (*Rompelman*, 1993, *Lanfranchi és Somers*, 2002), és a Hering–Breuer-reflex (*van Ravenswaaij-Arts*, 1993; *Webber és Zbilut*, 1994; *Cerutti és mtsai*, 1995) meghatározó.



**1. ábra:** a HRV létrejötte *McCraty és munkatársai* (1996) nyomán, módosítva

### 2.3.2. A HRV kutatásának kezdetei és fejlődése

A HRV kutatása jelenlegi ismereteink szerint a XVIII. századig nyúlik vissza. Az első e témában íródott tanulmány Hales nevéhez fűződik, aki munkájában többek között leírta a légzési ciklusok, a vérnyomás és a két egymást követő szívösszehúzás közötti összefüggéseket (*Burchell*, 1961). A HRV klinikai jelentőségre azonban csak az 1960-as évek közepére tett szert, amikor *Hon és Lee* (1965) leírták, hogy a magzati distressz kialakulását megelőzően az R–R-sorozatban változás áll be anélkül, hogy ez a szívritmusban is kimutatható lenne. Az ezt követő jelentősebb kutatások az R–R-távolságok változékonyságának háttérében zajló fiziológiai történések feltérképezése állt (*Luczak és Lauring*, 1973; *Sayers*, 1973; *Hirsh és Bishop*, 1981). Az 1970-es években *Ewing és munkatársai* (1985) több egyszerű módszert is kidolgoztak az R–R-távolságok rövidtávú változékonyságának kimutatására cukorbetegeken autonóm neuropátia (a vegetatív idegrostok károsodása) megállapítása céljából. 1981-ben *Akselrod és munkatársai* bemutatták a HRV frekvenciatartományban való elemző módszerét, a spektrális elemzést. E módszer hozzájárult az EKG egymást követő R–R-távolságaiban jelentkező periodikus váltakozásait előidéző vegetatív idegrendszeri folyamatok megértéséhez és azok pontos értékeléséhez (*Pomeranz és mtsai*, 1985; *Pagani és mtsai*, 1986).

Bár az infarktus utáni halálozás és az R–R-távolságokban tapasztalható csökkent változékonyság közötti összefüggést *Wolf és munkatársai* már 1978-ban leírták, a HRV módszerét az orvostudományban csak az 1980-as évek végétől kezdték kutatni. Többen is igazolták, hogy a HRV egyéb élettani változóktól függetlenül értékelhető előrejelzője az akut szívizominfarktus után bekö-

vetkező hirtelen szívhalálnak (Kleiger és mtsai, 1987; Láng, 1994; Stein és mtsai, 2005). Sok adat szól amellett is, hogy a kamrai aritmia létrejöttében (Malik és mtsai, 1989) és a szívkoszorúér megbetegedések kialakulásában (Stein és mtsai, 1994) a vegetatív idegrendszeri egyensúly megbomlása jelentős szerepet játszik. Az elmúlt két évtizedben egyre inkább előtérbe került diabéteszes autonóm neuropátia, valamint magas vérnyomás és a háttérükben álló vegetatív funkciók problémák kapcsolatát vizsgáló tanulmányok azt is megerősítik, hogy a HRV meghatározása a humán gyógyászatban prognosztikus értékű (Task Force, 1996). Ennek oka, hogy a kóros vegetatív reakciók a fenti betegségek későbbi kifejlődését, a szövődményeket, és a veszélyeztetettség mértékét is már korán, az egyértelmű tünetek fellépése előtt valószínűsíthetik (Stein és Kleiger, 1999).

Napjainkban gyakran keresik a HRV egyéb kardiovaszkuláris betegségekkel (Bucelletti és mtsai, 2009; Carney és Freedland, 2009) és rendellenes mentális működések közötti összefüggéseket. A legújabb tanulmányok a depresszió (Pizzi és mtsai, 2008; Francis és mtsai, 2009), a pánikbetegség, a generalizált szorongás (Pittig és mtsai, 2013), a fóbiás szorongás (Watkins és mtsai, 2010) és a skizofrénia (Castro és mtsai, 2009) vegetatív idegrendszeri vonatkozásaival foglalkoznak.

### 2.3.3. A HRV kutatása háziállat- és vadfajokban

Míg a HR a jóllét vizsgálatának régóta elfogadott módja gerinces állatokban (Hull és mtsai, 1990; Hopster és mtsai, 2002; Loijens és mtsai, 2002), addig – felettébb sok, humán kutatásban megjelent publikáció ellenére – a HRV elemzése az állattudományok területén még gyermekcipőben jár. Azonban, míg az ezredforduló előtt viszonylag kevés figyelmet fordítottak a paraszimpatikus aktivitás stressz-állapotokat meghatározó szerepének kutatására, az újabb állatjólléti kutatásokban HRV változásait egyre többen értékelik endokrin mutatókkal és a viselkedéssel párhuzamosan is. Az első vizsgálatokat kutyákon (Pagani és mtsai, 1986; Baselli és mtsai, 1988) és laborállatokon végezték (Lemaire és Morméde, 1995; Slangen és mtsai, 1997; van den Buuse és Malpas, 1997). A Holter monitor elterjedését követően egyre többen kezdték használni a HRV mutatóit haszonállatok stresszállapotának kifejezésére (Rugh és mtsai, 1992; Clement és Barrey, 1995; Kuwahara és mtsai, 1996). A módszertani alapokat lefektető kísérleteken túl (Hopster és Blokhuis, 1994; Després és mtsai, 2002; Norman és mtsai, 2005), az örökletes és fertőző betegségek szív működési vonatkozásait ló (Kuwahara és mtsai, 1998; Perkins és mtsai, 2000), sertés (Mésangeau és mtsai, 2000; Voss és mtsai, 2004), szarvasmarha (Pomfrett és mtsai, 2004; Konold és mtsai, 2011) és juh fajokban (Konold és Bone, 2011) vizsgálták. A tartástechnológia okozta stresszt sertéseken (Marchant és mtsai, 1997; Geverink és mtsai, 2002), szarvasmarhákon (Hagen és mtsai, 2005), juhokon (Batchinsky és mtsai, 2007) és lovakon (Visser és mtsai, 2008) is értékelték. Bár a szociális viselkedést főként sertéseken vizsgálták (De Jong és mtsai, 2000; Kuwahara és mtsai, 2004), többen foglalkoztak juhok (Désiré és mtsai, 2004) és kecskék érzelmeinek és kognitív képességeinek leírásával (Langbein és mtsai, 2003, 2004). Sokan számoltak be lovakban a munkavégzés (Thayer és mtsai, 1997; Physick-Sheard és mtsai, 2000), az alkalmazkodóképesség (Visser és mtsai, 2002) és a vérmérséklet szív működési összefüggéseiről (Eager és mtsai, 2004; Rietmann és mtsai, 2004b). A lovak az érzelmi (Bachmann és mtsai, 2003; Kato és mtsai, 2003; Nagy és mtsai, 2009) és a szállítás okozta stressz vizsgálatához (Ohmura és mtsai, 2006; Schmidt és mtsai, 2010a,b) nyugalmi állapotban mérhető nagy paraszimpatikus aktivitásuk miatt lettek közkedvelt alanyok (Kuwahara és mtsai, 1999). Baromfifajokban felnőtt (Korte és mtsai, 1999; Savory és Kostal, 1997), napos (Moriya és mtsai, 1999; Tazawa és mtsai, 2002) és fiatal állatok (Pearson és mtsai, 1998), valamint embriók (Moriya és mtsai, 2000; Aubert és mtsai, 2004) HRV-változásait értékelték.

A vadon élő emlősök közül elsősorban a rénszarvas (*Nilssen és mtsai, 1984; Eloranta és mtsai, 2002; Nilsson és mtsai, 2006*) és a kék róka (*Mononen és mtsai, 1992; Harri és mtsai, 1994; Kohonen és mtsai, 1994*) szív működését vizsgálták skandináv kutatók. E vizsgálatok kivitelezését megkönnyítette, hogy mindkét faj tartható megfelelően kialakított telepeken, mivel e két fajnak léteznek félig háziasított populációi is. A vadmadarak közül a nagy lilik (*Ackerman és mtsai, 2004*) és a nyári lúd (*Wascher és mtsai, 2008*) HRV-vizsgálatáról található szakirodalmat.

Noha a haszonállatokhoz hasonlóan vadfajok esetében is Európában kutattak a legtöbben e területen, az USA-ban már az 1970-es évek elejétől vizsgálták majmok (*Weisbard és Graham, 1971*), sirályok (*Kanwisher és mtsai, 1978*) és bölények (*Richards és Lawrence, 1984*) szív működési mutatóinak változékonyságát. Ausztráliában és Új-Zélandon főként pingvinek szív működését kutatták (*Giese és mtsai, 1999; Nakagawa és Waas, 2001*), mások seregélyeken vizsgálták a párzási időszakban a krónikus stresszt (*Kostelanetz és mtsai, 2009*).

### 2.3.4. A HRV vizsgálata tejelő szarvasmarhákban

#### 2.3.4.1. A HRV helye szarvasmarhák állatjóléti vizsgálataiban

Az állatjólét felmérésekor elvégzendő vizsgálatok két részre oszthatók. A közvetett mérések az állat környezetére vonatkoznak. Mivel a közvetett tényezőket könnyebb mérni, általában ezek terjedtek el az állatjólétet vizsgáló módszerekként, gyakran azonban kevés adattal szolgálnak az állatok valós jólétére vonatkozóan. Az állatok közvetlen vizsgálatán alapuló mérések segítségével az aktuális jóléti állapot tartástechnológiától függetlenül is megállapítható (*Why és mtsai, 2003*). E módszerek közvetlenül az állatok viselkedését és egészségi állapotát vizsgálva pontosabb képet adnak az állatok jólétéről, azonban időigényesek (*Jurkovich és mtsai, 2012b*). Arra nézve egyelőre sincs egységes álláspont, hogy mely mérések a legmegfelelőbbek e célra (*Rushen és mtsai, 2008*).

Szarvasmarhák jóléti állapotának vizsgálatakor olyan adatokat célszerű meghatározni, amelyek segítségével az állatjólét három fő szempontjának (egészség, érzések, természetes élet) valamelyikét jellemezni lehet. Az **1. táblázat** a teljesség igénye nélkül mutat néhány jellemzőt, amelyek a tejelő tehének jólétének vizsgálatakor felhasználhatók.

#### 1. táblázat: Tejelő tehének jólétének vizsgálatához alkalmazható jellemzők

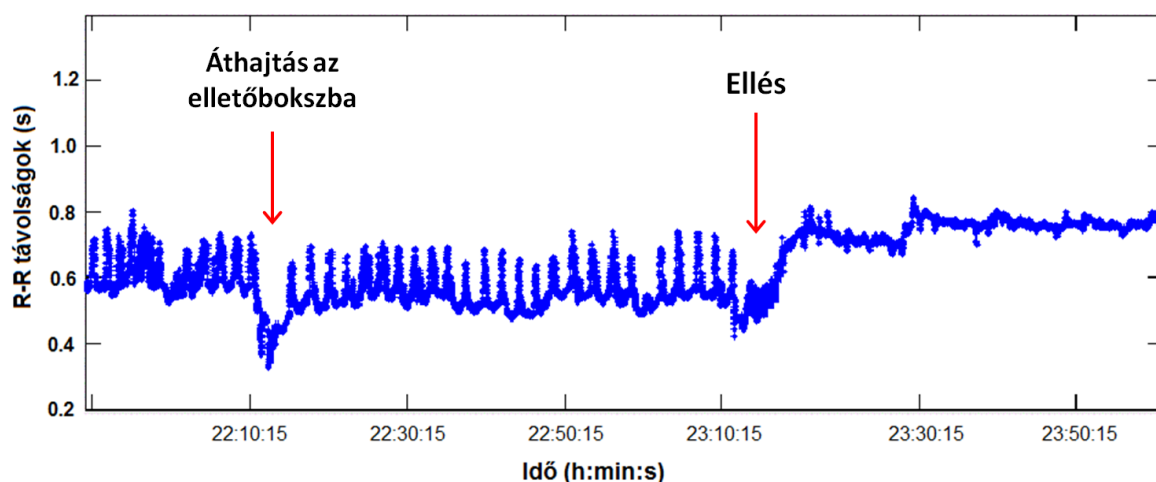
Termelés	Élettani jellemzők	Egészségi állapot	Viselkedés
tejtermelés	szív működési mutatók	sántaság, tőgyegészség	aktivitás
tejminőség	légzésszám	involúciós betegségek	mozgáskép
szárazanyag-felvétel	testhőmérséklet	anyagforgalmi betegségek	táplálkozási viselkedés
kondíció	kérődés intenzitása	embrionális- és magzati mortalitás, vetelés	agresszió
termékenyítési index	szomatikus sejtszám	tőgygyulladás	sztereotip viselkedés
selejtezési arány	kortizolszint	oltógyomor-helyzetváltozás	társas viselkedés
két ellés közti idő	anyagforgalmi értékek	sérülések	ember-állat kapcsolat

Az állatok jóllétének egyik lehetséges jelzője a stressz jelenléte, vagy annak hiánya (Moberg és Mench, 2000). Von Borell (2001) értelmezése alapján a stressz jelensége a viselkedési és a fiziológiai változások széles skáláján nyomon követhető. A stresszválaszok e két formáját sokszor külön tárgyalják, annak ellenére, hogy szoros összefüggésben állnak.

A tejlő tehenek érzelmi és kognitív állapotait értékelő vizsgálatok (Boissy és Le Neindre, 1997; Piller és mtsai, 1999; Laister és mtsai, 2011) mellett sokan vizsgálták az állatok technológiából eredő stresszorokra adott viselkedési reakcióit (Uetake és mtsai, 1997; Stefanowska és mtsai, 2000; Hermans és mtsai, 2003). Az intenzív tejtermelő tehenészetekben a tartás- és fejéstechnológia bizonyos elemeinek megszokása nem csak a termelés, hanem az állatok jólléte szempontjából is igen fontos (Bremner, 1997).

A hagyományos, viselkedést leíró módszerek mellett a HHM-tengely aktivitását mérő élettani stresszmutatók időbeli változásai is jól jelzik a stressz jelenlétét (Terlouw és mtsai, 1997). Tejlő szarvasmarhákban a kortizol (Cole és mtsai, 1988; Mitchell és mtsai, 1988) és egyes immun-indikátorok vérbeli koncentrációja nagy pontossággal mérhető (Murata, 1989; Agnes és mtsai, 1990). Az adatfelvétel ilyen formája azonban több problémát is felvet. Bár a vérvételnek elérhetőek stresszmentes módszerei is (Ladewig és Stribrny, 1988; Cook, 2012), e módszerek nehezen kivitelezhetőek telepi körülmények között. A minták gyűjtése ugyanis az állatok ismételt kezelésével jár, amely önmagában is stresszt okoz és befolyásolja az eredményeket (Hopster és mtsai, 1999; Cook, 2012). Ennek kiküszöbölésére a kortizol és metabolitjai vizeletből (Palme és mtsai, 1996; Morrow és mtsai, 2000), nyálból (Cooper és mtsai, 1989; Pérez és mtsai, 2004; Weston, 2009), bélsárból (Möstl és mtsai, 1999; Morrow és mtsai, 2002; Kahrer és mtsai, 2006) és tejből (Verkerk és mtsai, 1998; Fukasawa és mtsai, 2008) is meghatározhatók tejlő tehenekben.

Jóllehet, a tej és a bélsár kortizolkoncentrációjának meghatározása ma már általános a szarvasmarhák vizsgálatában, a bélsármintákból kimutatható kortizolmetabolitok koncentrációját nagymértékben befolyásolhatja a kortizol felszabadulásának napi ritmusa (Thun és mtsai, 1985), az évszak (Millspaugh és mtsai, 2001) és az állatok szaporodásbiológiai állapota is (Neuffer, 2006). Az ezredforduló után íródott tanulmányok alapján ezek a nehézségek a HRV mutatóinak vizsgálatával könnyen áthidalhatók (von Borell és mtsai, 2007). Az R–R-távolságokban tapasztalható gyors változások (2. ábra) lehetővé teszik a különböző eredetű stresszorok pontos meghatározását, amelyeket többen is részletesebb és időben is pontosabb stresszindikátoroknak tartanak, mint a HHM-tengely hormonjainak koncentrációját (Stewart és mtsai, 2008a; Mialon és mtsai, 2012).



2. ábra: A HRV meghatározásának alapjául szolgáló R–R-távolságok időbeli változékonysága az ellés körüli időszakban (saját vizsgálat alapján)



### 2.3.4.2. A vizsgálatok gyakorlati kivitelezése

A HR mérése szarvasmarhákban az orvostudományban régóta alkalmazott EKG-, illetve artériás pulzuszámoláson alapszik. Az EKG-jelek észlelése tejelő szarvasmarhákban a leggyakrabban az állatok testére rögzített műszerekkel történik. Ezek a készülékek az EKG-készülékekhez hasonlóan, a testfelszín két pontja közötti elektromos feszültségkülönbséget mérik, ami a szívizomsejtek elektromos működésének a mérés pillanatában fennálló összességéből adódik (*Langer és mtsai, 2010*).

Tejelő tehének szív működésének vizsgálatában a Holter monitorok és a rögzített készülékek különböző típusait (*Little és mtsai, 1996; Pomfrett és mtsai, 2004*), telemetrikus műszereket (*Lefcourt és mtsai, 1999*), illetve hordozható HR-vevőkészülékeket (a legtöbb kutatásban a Polar Electro Oy termékeit) használják. A Polar cég modelljei közül a Sport Tester, a Horse Trainer, az S810i, illetve a korábban kifejlesztett, kevesebb adat tárolására képes Vantage NV típusokat alkalmazzák a leggyakrabban szarvasmarhák szív működésének tanulmányozására. E műszerek nem a teljes EKG-t, csak az R–R-távolságokat rögzítik. A legújabb modellekkel (Polar R–R Recorder és Polar Equine) 24 órás vizsgálatok is kivitelezhetők természetszerű körülmények között.

A Polar Equine készülék GPS-szel is felszerelt, amely legelő állatok vizsgálatokor nélkülözhetetlen (*Brosh és mtsai, 2003; Brosh és mtsai, 2006*), főként akkor, amikor a területhasználatot és a szív működést párhuzamosan kívánjuk vizsgálni. Ezek a műszerek egy hámot és legtöbbször két, ritkán három különálló elektródát tartalmaznak egy speciális jeladóval. Az elektródákat leggyakrabban a mellkas bal oldalán, a szegycsont tájékán, illetve a jobb lapocka fölött helyezik el (**3. kép**).



**3. kép:** Polar HR-vevőkészülék szarvasmarhabőr hevederrel rögzítve egy vizsgálati állaton (Nóráp)

*Fotó:* Kovács Levente

Egyesek az elektródák elhelyezése előtt leborotválták az állatok szőrét (*Després és mtsai, 2002; Mohr és mtsai, 2002a*), míg mások ezt nem tartják szükségesnek (*Hagen és mtsai, 2005; Janžekovič és mtsai, 2006; Schmied és mtsai, 2008a*). Hazai és külföldi vizsgálataim alapján én is úgy tapasztaltam, hogy amennyiben az állatok szőrzete tiszta, bőséges elektródagél használatával

akár 48 órán keresztül is folyamatos marad a jelek továbbítása. A megfelelő mennyiségű gél nem csak a megfelelő elektróda–bőr érintkezés érdekében, hanem az elektródák testfelszínhez való tapadása miatt is fontos (Després és mtsai, 2002; Hagen és mtsai, 2005; Schmied és mtsai, 2008b). Janžekovič és munkatársai (2006) a jobb vezetőképesség érdekében az elektródák felhelyezése előtt az állatok testét 38°C-os sós vízzel nedvesítették be, de elektróda-gélt nem használtak. Megítélésük szerint így is megfelelő volt az R–R-jelsorozat folytonossága.

Nagy kihívást jelent a kutatók számára a műszerek rögzítése az állatokon. A nem megfelelő bőr–elektróda kapcsolat ugyanis a heveder típusától és a rögzítés erősségétől is függ. 180 kg alatti élősúlyú szarvasmarhák esetében a készülékek rögzítésére megfelelőnek találták a rugalmas gumihevedert (Janžekovič és mtsai, 2006). A szerzők szerint folyamatos volt a jeladás a műszer, ezen belül az elektródák megigazítása nélkül is. Borjakon végzett vizsgálatoknál ez a rögzítési mód elégséges, ezért a legtöbbször a jeladót, a HR-monitort és az elektródahámot rugalmas szíjakkal (Després és mtsai, 2002; Mohr és mtsai, 2002a; Clapham és mtsai, 2007; Stewart és mtsai, 2008a,b) rögzítik az állatokon (4–5. kép).



4–5. kép: Polar HR-jeladók rugalmas szíjakkal felszerelve

Fotók: Janžekovič és munkatársai (2006)

Kifejlett állatoknál a jeladót és az elektródahámot azonban erős, rugalmatlan hevederrel ajánlott rögzíteni. A legtöbb szerző vastag bőrből készült csatos hevedereket vagy megfelelően erős szíjakat alkalmaz, amelyekhez a HR-vevőkészülékeket kívülről erősítik. Ez a megoldás a készülékek az állatok mozgásából (felkelés, lefekvés, vakaróztatás, séta, futás) adódó gyakori elmozdulását megakadályozza. Szabadon mozgó állatokon ugyanis nincs lehetőség a műszerek rendszeres ellenőrzésére, helyzetük és rögzítésük korrigálására, tekintve, hogy az adatfelvétel gyakran 24–48 órán keresztül folyik. Az ilyen beavatkozásoktól a mérési eredmények befolyásolását elkerülendő egyébként is tartózkodni kell. Egy másik megoldás, hogy a HR-vevőkészülékeket a megfigyelés helyszínén rögzítik (6. kép). E módszer előnye a mért adatok nyomonkövetése. Igaz, olyan jeladók esetében, amelyek nem kódolt formában továbbítják a jeleket, előfordulhat, hogy amennyiben a vizsgálati állatok eltávolodnak az adatfelvétel helyszínétől (>70 m), az adatok összekeverednek.

Kötetlen istállókban és fejházakban történő vizsgálatoknál, ahol a rögzítés és a vizsgálat kezdete között az állatok zsúfolódása elkerülhetetlen (pl. elővárakozó), kénytelenek vagyunk a hevedereket megfelelően szorosra állítani. Ez azonban rövidtávon a mérési eredmények torzulását eredményezheti, ugyanis egy korábbi vizsgálatban megállapítást nyert, hogy a szarvasmarhák mellkasának hirtelen, mesterséges szorításával az orvosi gyakorlatban jól ismert bradycardia (pulzus-szám-csökkenés) jelensége válhat ki (Clabough és Swanson, 1989). Ezért szükséges, hogy elegendő hozzászokási időt hagyjunk az állatoknak a rögzítés és az adatfelvétel megkezdése között.



**6. kép:** HR-vevőkészülékek adatfelvétel közben kötetlen szarvasmarha-istállóban (Németország, Iden)

*Fotó:* Kovács Levente

*Clapham és munkatársai* (2007) egy héttel a mérések kezdete előtt rögzítették a műszereket az állatokon, míg szlovén kutatók (*Janžekovič és mtsai*, 2006) holstein-fríz és szimentáli teheneken végzett vizsgálataik során 5 napos hozzászokási időt határoztak meg. Mások ennél rövidebb, 24 (*Brosh*, 2007), illetve 12 órás (*Gygax és mtsai*, 2008) adaptációs idővel végezték vizsgálataikat. A legtöbben elegendőnek tartják a műszereket a vizsgálat előtt egy órán belül rögzíteni (*Després és mtsai*, 2002; *Waiblinger és mtsai*, 2004; *Stewart és mtsai*, 2008a,b), ugyanis az állatok fokozott érdeklődése a készülékek iránt a rögzítés után 15–20 perccel megszűnik (*Mohr és mtsai*, 2002a).

Az eredményeket torzító hatások kiküszöbölésére egyesek (*Minero és mtsai*, 2001; *Mohr és mtsai*, 2002a) azt javasolják, hogy a mérési eredményeket esetlegesen befolyásoló stresszt elkerülendő a vizsgálatokra való előkészületeket az állatokkal mindig ugyanazok a személyek végezzék. Fontos továbbá, hogy a vizsgálatok a mérések helyszínéül szolgáló telepeken a napi rutinhoz alkalmazkodjanak (*Hagen és mtsai*, 2005), valamint, hogy a tesztek időtartama alatt ne álljanak fenn a mérések kimenetelét szélsőséges módon zavaró tényezők, pl. magas hőmérséklet (*Brosh*, 2007).

A testre erősíthető készülékek mellett beültethető műszereket is használtak. Az implantátumok előnye, hogy – a testre rögzíthető műszerek használatával ellentétben – sem a műszert hordozó egyed, sem maga a műszer nincs kitéve a többi állat figyelmének (*Brosh*, 2007; *von Borell és mtsai*, 2007). Hátrányuk, hogy az elektródák és jeladó készülék behelyezése altatást igényel és általában több nap szükséges a kísérleti egyedek teljes felépüléséhez (*Tóthné Maros*, 2009). Növekedésben lévő szarvasmarháknál gondot okozhat az elektródák, illetve a jeladók helyének vagy helyzetének megváltozása is (*Lefcourt és mtsai*, 1999). Kifejlett szarvasmarhákon egy izraeli (*Brosh és mtsai*, 1998a, 1998b) és két amerikai (*Arave és mtsai*, 1991; *Warren és mtsai* (2008) kutatócsoport számolt be implantátumok alkalmazásáról.

A legtöbb, az állatok testére rögzíthető műszereket alkalmazó szerző szerint a megfelelő rögzítés ellenére is megszakadhat a jel továbbítása. Az elektródák testfelületen való elmozdulását megelőzendő az állatok mozgási aktivitását, ezért a lehetőségekhez mérten ellenőrizni kell (*Rushen és mtsai*, 1999; *Mohr és mtsai*, 2002b). A gyenge bőr-elektroda kapcsolat ugyanis hibás R–R-jeleket eredményezhet (*Minero és mtsai*, 2001; *Hagen és mtsai*, 2005). Mivel a kísérletek legtöbbször a tehenészetek napi rutinjához alkalmazkodnak, az állatok mozgásából (pl. fejés előtti hajtásából) adódó aktivitásukat nem lehet kontrollálni. Az egyik lehetséges módja e probléma kiküszöbölésének, hogy az adatok elemzésekor csak azokat a jelszakaszokat hasonlítjuk össze, ahol az egyedek fizikai aktivitása megközelítőleg hasonló volt (*Reitmann és mtsai*, 2004b).

Gyakran előfordul a jelsorozat megszakadása az elektródák kiszáradása következtében (Gygax és mtsai, 2008). Hibás jeleket eredményezhet a műszer meghibásodása, az izmok akciós potenciáljából keletkező zörejek, a környezeti elektromágneses interferencia (Kamath és Fallen, 1995; Berntson és Stowell, 1998) és az EKG R-hullámainak téves azonosítása is (Wilson, 2001; von Borell és mtsai, 2007). Rendellenes hullámok a stressz következtében fellépő szinusz-aritmia, illetve a műszerek meghibásodása miatt is keletkezhetnek (Storck és mtsai, 2001). Gyakran előfordulhat továbbá, hogy az állatok túlzott fizikai aktivitása következtében az elektródák nem vezetnek megfelelően az elektromos jeleket, ezért a HRV elemzése előtt az R–R-adatokból el kell távolítani a hibás jelsorokat. Ezt a műveletet a műszerekhez tartozó szoftverek speciális algoritmusok segítségével automatikusan elvégzik. Az elemzéshez megengedhető hibás jelszakaszokat a teljes jelsorozat 5–6%-ában határozzák meg (von Borell és mtsai, 2007). Egyes műszerekhez tartozó jeladók az érzékelt R–R-távolságokat kódolt formában is képesek továbbítani, hogy a több állaton, egymással egyidejűleg rögzített adatok ne keveredjenek egymással. Az adatokat a vevőkészülékek automatikusan tárolják. Az adatok innen áttöltethetők számítógépre és megfelelő szoftver segítségével elemezhetők.

#### 2.3.4.3. Az R–R-adatok elemzése

A HRV lineáris dinamikájának vizsgálatára számos módszert fejlesztettek ki (Tarvainen és mtsai, 2002), amelyek közül a szarvasmarhák vizsgálatában a változékonyság idő-, illetve frekvenciatartományban végzett elemzése a leggyakoribb. A Pioncaré-grafikon segítségével a szív működés pontos geometriai értékelése mellett (Minero és mtsai, 2001) nem lineáris elemző módszereket is hasznosnak találtak (Mohr és mtsai, 2002a; Hagen és mtsai, 2005), bár a nem lineáris paraméterek használata az egyik legfrissebb összefoglaló tanulmány szerint még humán kutatási területeken sem elterjedt (Buccelletti és mtsai, 2012).

#### Időtartományban végzett elemzés

A legtöbb, a HRV kutatásával foglalkozó szerző, az időtartományban számolt paramétereket (**2. táblázat**) tartja a változékonyság legegyszerűbb kifejezési módjának (Task Force, 1996).

**2. táblázat:** Az időtartományban számított szív működési mutatók

Jelzőszám	Meghatározás
SDNN (ms)	Az R–R-távolságok teljes jelszakaszra számított szórása
SDANN (ms)	Az 5 perc alatt érzékelt R–R-távolságok átlagértékeinek szórása
SDNN <sub>index</sub>	A teljes jelszakasz 5 perces szakaszai alatt érzékelt R–R-távolságok szórásainak átlagértéke
HR (min <sup>-1</sup> )	A HR-értékek egy adott jelszakaszra számított átlaga
STD (min <sup>-1</sup> )	A HR-értékek szórása
RMSSD (ms)	A szomszédos R–R-távolságok különbségének négyzetgyöke
NN50 count	Az egymástól 50 ms-nál nagyobb mértékben eltérő R–R-távolságok száma

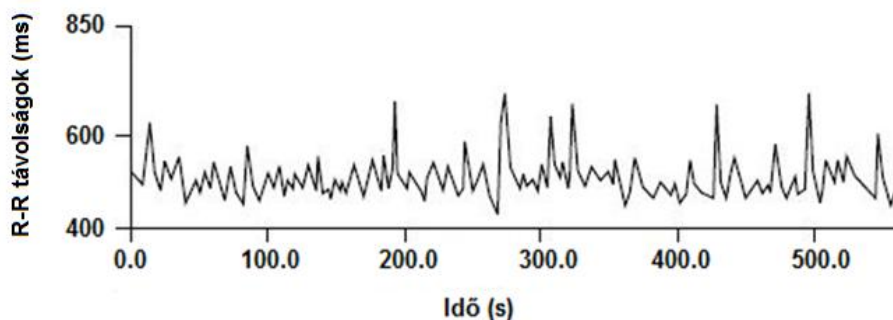
ms: millisecondum.

Ezek a mutatók az R–R-adatok különbözőféleképpen számított statisztikai változékonyságát fejezik ki, ezért az időtartományban végzett elemzést a HRV 'statisztikai értékelésének' is nevezik. Leginformatívabb jelzőszáma az RMSSD, amely a szív működés rövidtávú változékonyságát tükrözi és a vágus tónus jelzője (*Kleiger és mtsai, 1995; Kanter és mtsai, 1996*). Az SDNN és a vele szoros korrelációban lévő SDANN a szív működés hosszútávú változékonyságát tükrözik és értéküket a szimpatikus és a paraszimpatikus idegrendszeri hatások egyaránt befolyásolják (*Task Force, 1996*). E mutatók könnyen számíthatóak, azonban kevésbé informatív paraméterek a stressz vizsgálata szempontjából (*von Borell és mtsai, 2007*). Az NN50 count szoros összefüggésben állnak az RMSSD-jelzőszámmal és bár humán vizsgálatokban jól mutatják a paraszimpatikus tónus változásait (*Task Force, 1996*), szarvasmarhákban alkalmazásuk nem általános.

*Hopster és Blokhuis (1994)* a Polar Sport Tester és egy ambuláns EKG-műszer mérési eredményeit összehasonlítva megállapították, hogy tejlő teheneknél pihenés alatt ( $r=0,88$ ) és mozgás közben ( $r=0,72$ ) is erős korrelációt és állatonként eltérő értékeket mutatnak a HRV időtartományban számolt paraméterei. Egy humán kutatás módszertanilag fontos eredménye szerint e mutatók szoros ( $r=0,85$ ) összefüggésben állnak a spektrális jelzőszámokkal is (*Stein és mtsai, 1994*), így jól kiegészíthetik egymást az adatelemzés során (*Voss és mtsai, 2002*).

### Frekvenciatartományban végzett elemzés

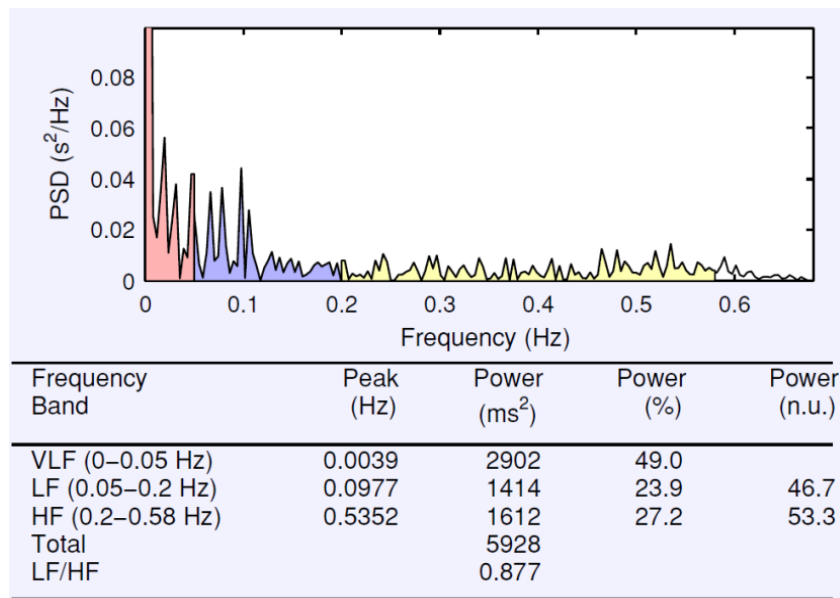
A HRV frekvenciatartományban történő elemzése (spektrális elemzés) során az adatok számítógépre történő beolvasása után a szoftver az egymást követő R–R-távolságokat az idő függvényében ábrázolja, és egy ún. kardiotachogramot készít (**3. ábra**). Látható, ha szaporább a pulzus, kisebbek az R–R-távolságok és alacsonyabban helyezkedik el a függvény, ha lassúbb a pulzus, nagyobbak az R–R-távolságok, magasabban helyezkedik el a görbe.



**3. ábra:** Az R–R-távolságokból készített időfüggvény

A **3. ábrán** megjelenített R–R-távolságok spektrális elemzéséhez az orvostudományban több módszert is kidolgoztak (*Task Force, 1996*), amelyek közül szarvasmarhákban végzett kutatásokban az *Akselrod és munkatársai (1981)* által kidolgozott spektrális elemzést használják. Ez az eljárás először elvégzi az adatsorok lineáris interpolációját, majd ezeket az újrászámolt adatokat gyors Fourier transzformáció (Fast Fourier Transformation, FFT) segítségével harmonikus összetevőire bontja és frekvenciatartományban ábrázolja (**4. ábra**).

Az FFT algoritmusát *Cooley és Tukey (1965)* dolgozták ki. A módszer forradalmasította a digitális jelfeldolgozást, mivel az addigi eljárás rendkívül számításigényes volt (*Schechtman és mtsai, 1988*). E módszer alapja, hogy minden jel leírható olyan harmonikus hullámokkal, amelyek összegzésével egy teljes görbét kapunk (*Lewis és mtsai, 2007*).



PSD (power spectral density): teljesítmény-sűrűség spektrum, Frequency: frekvencia, Frequency band: frekvenciatartomány, Hz: herz, ms: millisekundum, HF (high frequency): nagyfrekvenciás komponens, LF (low frequency): alacsonyfrekvenciás komponens, VLF (very low frequency): nagyon alacsonyfrekvenciás komponens, Peak: a spektrális komponensek legnagyobb értékei, Power: a spektrális komponensek teljesítménye ms<sup>2</sup>-ben, %-ban és normálértékben (n.u.) kifejezve.

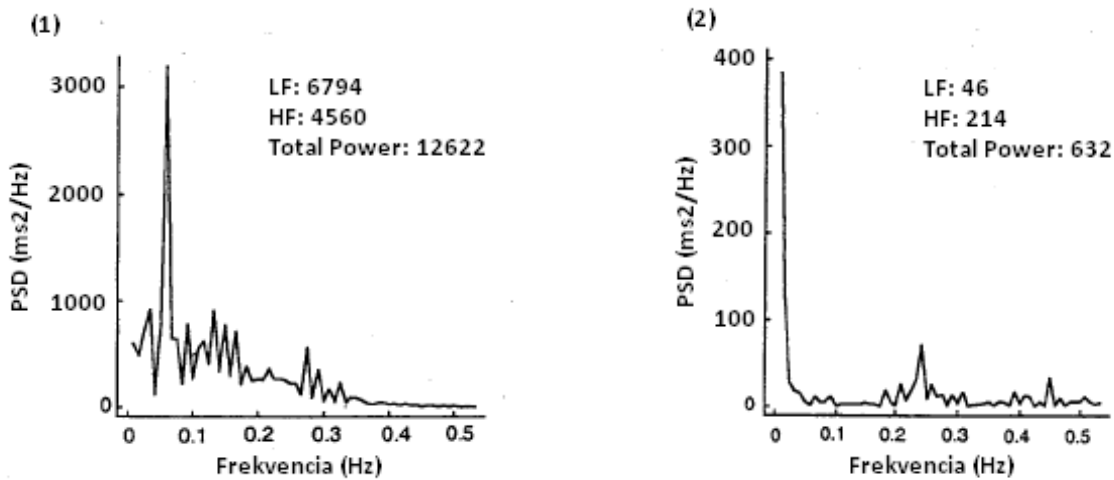
**4. ábra:** A légzésszámból számított teljesítmény-sűrűség spektrum és a frekvenciasávok szarvasmarhában (a Kubios 2.1 HRV elemző szoftver eredménytáblája)

A **4. ábrán** is jól látható, hogy az R–R-sorozat rövidtávú ingadozásai a HRV-spektrum három tartományban összpontosulnak. Ezeket nagyfrekvenciás (high frequency, HF), alacsonyfrekvenciás (low frequency, LF), illetve nagyon alacsonyfrekvenciás (very low frequency, VLF) tartományoknak nevezzük. A spektrális görbén a HF vagy légzési csúcsot a légzéssel párhuzamosan lezajló oszcilláció eredményezi (Kardos és Gingl, 1994), amely a gyorsan ismétlődő, rövid ciklusidejű légzési szinusz-aritmia jelenségének következménye (Hirsh és Bishop, 1981; Fleisher, 1996). Belégzéssel nő a HR, vagyis rövidülnek az R–R-távolságok, (azaz csökken a két szívverés között eltelt idő), kilégzéskor csökken a HR, vagyis nőnek az R–R-távolságok. A légzésszám változásával a szinusz-aritmianak megfelelő spektrális értékek is változnak, azaz a HF kisebb légzésszámnál kisebb, nagyobb légzésszámnál nagyobb értéket vesz fel. Ezért figyelembe kell venni a percnkénti légzésszámot, amikor a HF-komponens helyét meghatározzuk a HRV elemzésekor (**3. táblázat**).

**3. táblázat:** A nagyfrekvenciás (HF) tartományok és a megfelelő percnkénti légzésszám értékek használatfajokban (von Borell és mtsai, 2007)

Állatfaj	Frekvenciatartomány (Hz)	Légzésszám (min <sup>-1</sup> )
Ló	0,13–0,26	8–16
Szarvasmarha	0,20–0,58	12–35
Borjú	0,50–0,58	30–50
Sertés	0,13–0,41	8–25
Juh, kecske	0,20–0,40	12–24
Nyúl	0,67–1,00	40–60

Korábban azt is megállapították, hogy paraszimpatikus blokádnak (atropin) megszünteti ezt a csúcsot (**5. ábra**), míg alfa- vagy béta-blokkolók csakúgy, mint a renin-angiotenzin blokádnak nem befolyásolják a HF komponens értékét (*Akselrod és mtsai, 1985*).



PSD (power spectral density): teljesítmény-sűrűség spektrum, Total Power: teljes spektrális teljesítmény, ms: millisekundum, Hz: herz, LF (low frequency): alacsonyfrekvenciás komponens, HF (high frequency): nagyfrekvenciás komponens.

**5. ábra:** A HRV spektrális görbéje atropin adása előtt (1) és után (2) (*Kardos és Gingl, 1994*)

A HRV-spektrum másik jellegzetes csúcsa az LF, amely a légzési szinusz-aritmiánál hosszabb periódusidejű oszcilláció és a perifériás vazomotor tónus termoregulátoros ingadozásaival (*Kitney és mtsai, 1985*) valamint a renin-angiotenzin rendszerrel (*Kitney, 1974; Kitney, 1980*) van összefüggésben, ugyanis e periodikusan ismétlődő változások hatásai az alacsonyfrekvenciájú sávban jutnak kifejezésre (*Kardos és Gingl, 1994*). Többen kimutatták azt is, hogy az LF-mutató a vérnyomás periodikusan jelentkező ún. Mayer hullámain tükrözi az R–R-sorozatban (*Hamner és mtsai, 2001; Morris és mtsai, 2010*) a vérnyomás szabályozásában szerepet játszó baroreflex révén (*Hirsh és Bishop, 1981; Kitney és mtsai, 1985*).

Az LF szarvasmarhánál a 0,05–0,20 Hz-es tartományban található (*von Borell és mtsai, 2007*). Bár lovakban többen is használják a szimpatikus aktivitás indikátoraként (*Physick-Sheard és mtsai, 2000; Bachmann és mtsai, 2003; Rietmann és mtsai, 2004a,b*), egy módszertanilag jelentős humán vizsgálat rávilágított arra, hogy nem megfelelő indikátora a szimpatikus tónusnak (*Houle és Billmann, 1999*). Ezt alátámasztja egy korábbi tanulmány is (*Task Force, 1996*), amely szerint az LF-csúcs eltüntetéséhez mind szimpatikus béta-blokád, mind paraszimpatikus blokádnak szükséges. Ellentétben a HF-csúccsal, amely kizárólag vágusz mediált, a létrejöttében mind a szimpatikus, mind a paraszimpatikus aktivitás szerepet játszik. Ezzel összhangban vannak *Kuwahara és munkatársai* (1996) korábbi eredményei. A szerzők lovak vegetatív idegrendszeri működését vizsgálva megállapították, hogy a spektrális elemzésben az alacsony frekvenciatartományok részben a paraszimpatikus hatásokat is tükrözik. Számunkra ennél fontosabb, hogy az LF-paraméter szarvasmarhában sem mutatta a szimpatikus aktivitásban bekövetkező változásokat (*Després és mtsai, 2002; Mohr és mtsai, 2002a,b; Hagen és mtsai, 2005*). Mindezek egyik lehetséges magyarázata, hogy – a már említett – kismértékű paraszimpatikus befolyás mellett egyéb fiziológiai folyamatok is befolyásolják (*Pagani és mtsai, 1986; Houle és Billmann, 1999; Kuwahara és mtsai, 1999*).

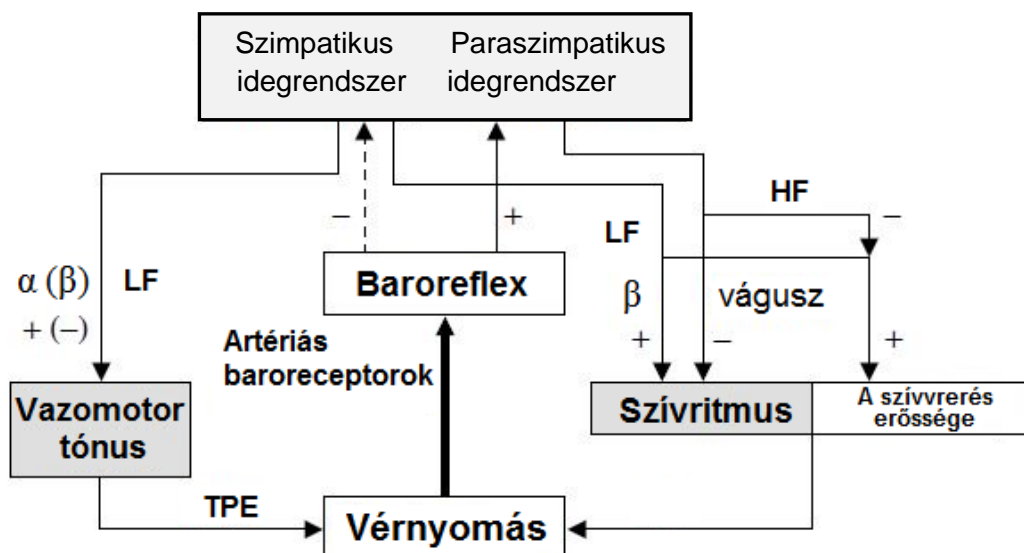
A VLF-mutató a szimpatikus idegrendszer, illetve a szimpatikus és paraszimpatikus idegrendszer együttes aktivitását tükrözi (Kardos és Gingl, 1994; Cerutti és mtsai, 1995). Bár élettani jelentőségét más fajokban megkérdőjelezték (Wagner és mtsai, 1997), annyi bizonyos, hogy a 0,04 Hz alatti frekvencián zajló változásokkal (Tóthné Maros, 2009) hozható összefüggésbe. Értékeit szarvasmarhákban mindaddig nem közölték. Egyes szerzők a HF- és LF-mutatók abszolút- ( $\text{ms}^2$ ) (Després és mtsai, 2002), míg a legtöbben azok normálértékeit használják a HRV elemzésekor (Mohr és mtsai, 2002a; Hagen és mtsai, 2005; Stewart és mtsai, 2008a,b). A normálértékek a HF- és LF-jelzőszámok abszolútértékeinek egymáshoz viszonyított arányait írják le. Számításuk a teljes spektrális teljesítményből (Total Power, TPW) történik:

$$\text{HF}_{\text{norm}} = [\text{TPW} (\text{ms}^2) - \text{VLF} (\text{ms}^2)] / \text{HF} (\text{ms}^2)$$

$$\text{LF}_{\text{norm}} = [\text{TPW} (\text{ms}^2) - \text{VLF} (\text{ms}^2)] / \text{LF} (\text{ms}^2)$$

Mivel a HF és az 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 (Solan és mtsai, 1994; Eckberg, 1997; Carrasco és mtsai, 2001). Az LF/HF arány értelmezésekor azonban szem előtt kell tartanunk, hogy az eredményt a szervezetben zajló egyéb élettani funkciók, mint pl. a hőszabályozás vagy az izopotenciálból adódó aktivitás is nagymértékben befolyásolhatják (Yamamoto és mtsai, 1991a,b; Marchant-Forde és mtsai, 2004a,b). Az LF- és a HF-mutatók helyét a keringési rendszerben a **6. ábra** szemlélteti.

A HRV frekvenciatartományban való elemzésére az orvostudományban legalább 3 (Task Force, 1996), míg a használatokkal foglalkozó összefoglaló munkák legalább 5 perces (von Borell és mtsai, 2007) folyamatos és stacionárius adatsorokat tartanak szükségesnek.



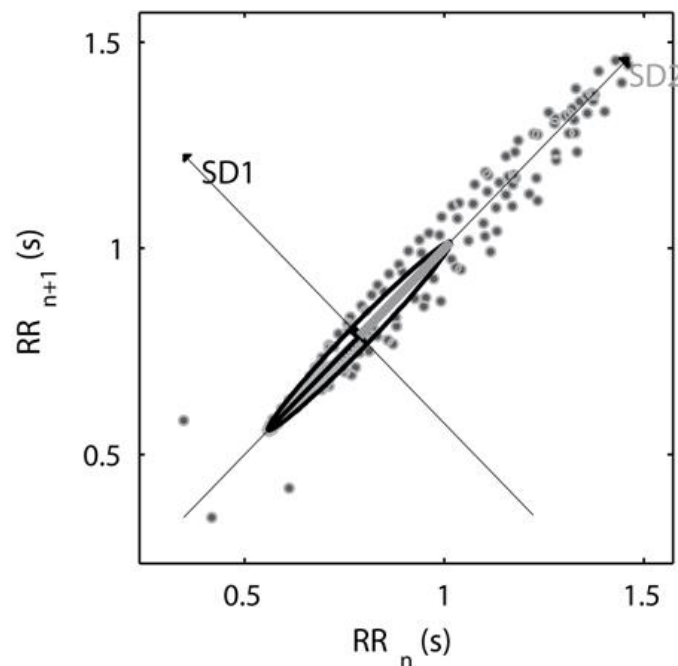
TPE: teljes perifériás ellenállás, LF (low frequency): alacsonyfrekvenciás komponens, HF (high frequency): nagyfrekvenciás komponens

**6. ábra:** A HR és a HRV vegetatív idegrendszeri tónust tükröző LF, illetve HF komponenseinek létrejöttében szerepet játszó élettani tényezők



## Geometriai elemző módszerek

A HRV Poincaré-grafikkal való elemzése az ún. geometriai elemző módszerek egyike. Eredményességét és pontosságát nem befolyásolja a rögzített adatok minősége, ezért jó alternatívája az olykor nehezebben értelmezhető, idő- vagy frekvenciatartományban számított paramétereknek (Brennan és mtsai, 2002). Bár humán vizsgálatokban számos egyéb geometriai leképezést is használtak a HRV leírására (Malik és mtsai, 1989; Farrell és mtsai, 1991), szarvasmarhában eddig a Poincaré-grafikont alkalmazták (Minero és mtsai, 2001, Kovács és mtsai, 2013b). A Poincaré-grafikon a szív működés rövid és hosszútávú változékonyságát tükrözi (Kamen és mtsai, 1996). A grafikon minden R–R-távolsághoz az azt követő R–R-távolságot rendeli hozzá. Elemzésének egyik leggyakrabban alkalmazott módja az 'ellipszistechnika', amely során az ellipszist az ún. azonosság egyenesre (az X és az Y tengely metszéspontjából kiinduló, azokkal 45°-os szöget bezáró egyenes) fektetjük (7. ábra). A pontok azonosság egyenesre merőleges szórásával (standard deviation 1, SD1) az R–R-távolságok rövidtávú változékonysága írható le, amelyet a légzési szinuszaritmia okoz és a paraszimpatikus tónus mutatója. Az azonosság egyenessel párhuzamos szórás (standard deviation 2, SD2) a szív működés hosszútávú változékonyságát írja le és a szimpatikus aktivitás jelzőszáma. Az SD2/SD1-mutató matematikailag egyenértékű az LF/HF-paraméterrel, és azzal szoros korrelációban van (Guzik és mtsai, 2007), így gyakran alkalmazzák a szimpatoparaszimpatikus egyensúly leírására (Toichi és mtsai, 1997). Más szerzők klinikai kutatásokban ennek reciprokát, az SD1/SD2-értéket használják az R–R-távolságok rendezetlenségének leírására (Huikuri és mtsai, 1996; Stein és mtsai, 2005). Amennyiben szaporább a pulzus és rövidebbek az R–R-távolságok kisebb, keskenyebb ellipszist kapunk, ha nagyobb a változékonyság mértéke, az ellipszis területe nő. A módszer előnye, hogy könnyen átlátható, azonban az elemzéshez használt, ún. származtatott statisztikákkal számolt paraméterek nem függetleníthetők az időtartományban végzett elemzésektől (Brennan és mtsai, 2001).



SD1 (standard deviation 1): az azonosság egyenesre merőleges szórás, SD2 (standard deviation 2): az azonosság egyenessel párhuzamos szórás, s: secundum.

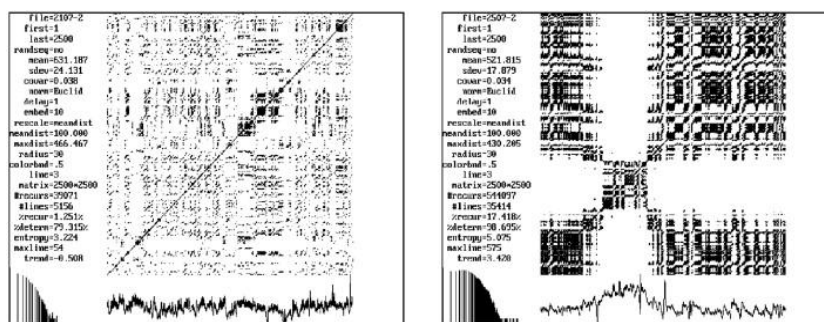
**7. ábra:** Az egymást követő R–R-távolságok leképezése Poincaré-grafikkal (Kamen és mtsai, 1996)

Bár az R–R-távolságok geometriai leképezéséhez a humán kutatásokban az ún. háromszög-indexet (RRtri) és ennek módosított változatát, az R–R-távolságok háromszög-interpolációját (triangular interpolation of normal to normal, TINN) is alkalmazzák (Yi és Malik, 2003; Carvalho és mtsai, 2011), háziállatok szív működését mindaddig nem jellemezték e mutatókkal. Az RRtri az összes R–R-távolság az R–R-távolságok sűrűség szerinti eloszlásának maximumával való hányadosa, amely a TINN-mutatóhoz hasonlóan az R–R-távolságok változékonyságát átfogóan becsli (Malik és mtsai, 1989; Farrell és mtsai, 1991). E jelzőszámok segítségével a 24 órás vizsgálatok alatt regisztrált R–R-távolságok hosszútávú változékonysága is meghatározható (Saul és mtsai, 1988).

### Nem lineáris elemző módszerek

Mára már elfogadottá vált az a korábbi feltevés, hogy a HRV létrejöttében olyan nem lineáris jelenségek is szerepet játszanak, amelyek kialakulásáért az összetett haemodinamikus, elektrofiziológiai és humorális kölcsönhatásokban mutatkozó változékonyság éppúgy felelős, mint a vegetatív és központi idegrendszeri irányítás (Saul és mtsai, 1988; Farrell és mtsai, 1991; Schmidt és Monfill, 1995). Ezen alkotóelemek elemző módszereit azonban még nem alkalmazzák általánosan, és a kapott eredmények értelmezése is számos ponton vitatott.

A HRV nem lineáris mutatóinak meghatározására a Recurrence Quantification Analysis (RQA, Zbilut és Webber, 1992; Zbilut és mtsai, 2002) és a Peng és munkatársai által 1994-ben közölt Detrended Fluctuation Analysis (DFA) technikák terjedtek el leginkább a humán vizsgálatokban. Az RQA előnye a korábban ismertetett módszerekkel szemben, hogy megbízhatóan alkalmazható olyan fiziológiai rendszerek elemzésére is, amelyekre jellemzőek a nem homeosztatisztikus motívumok és állapotváltozások (vagyis olyan szükségletek, amelyek kielégítése a szervezet önnfenntartása szempontjából nem létfontosságú), amilyen pl. a szív működés (Giuliani és mtsai, 1998). Az RQA módszerével az R–R-távolságok egy szimmetrikus m-dimenziós mátrixban képezhetők le, amely az egyes vektorok (R–R-távolságok) az összes többi vektortól mért euklideszi távolságaiból számítható az m-dimenziós térben (Trulla és mtsai, 1996). Ezt a mátrixot az RQA algoritmus az ún. Recurrence Plot (RP) formájában ábrázolja, amelyben a fekete pontok az 1-nek, míg a fehérek a 0-nak felelnek meg (Niskanen és mtsai, 2004). A %REC (az egymást követő pontok százalékos aránya a mátrixban) és a %DET (az átlósan emelkedő egymást követő pontok százalékos aránya) jelzőszámok a HRV időfüggvényének szabályozását írják le az m-dimenziós térben. A Shannon entropy (a pontok rendezetlensége) és az  $L_{MAX}$  (a leghosszabb átlós szakasz az m-dimenziós térben) a változékonyság dinamikáját írja le (Giuliani és mtsai, 1998), utóbbit a stressz mértékének jelzésére borjakban alkalmasnak találták (Mohr és mtsai, 2002a). Ez utóbbi vizsgálat egyik eredményeként kapott RP-mátrixot a **8. ábra** szemlélteti.



**8 ábra:** Egészséges (balra) és BVD-ben szenvedő borjú (jobbra) nem lineáris RQA-mintázata (Mohr és mtsai, 2002a)

A DFA módszere a káoszelméleten és a nem lineáris elméleten alapszik (*Niskanen és mtsai, 2004*). E technika alkalmas olyan jelsorozatok elemzésére, amely jellemző statisztikai mutatói (pl. átlag, szórás), illetve dinamikája időbeli változékonyságot mutat (*Tarvainen és Niskanen, 2008*). Esetünkben, egyszerűen fogalmazva a DFA mutatói az R–R-távolságok időbeli rendezetlenségét írják le (*Voss és mtsai, 2009*), amelyeket a *Kleiger és munkatársai (2005)* által megállapított rövidtávú (DFA1, 3 és 11 R–R-távolság közötti), illetve hosszútávú tartományban (DFA2, 12 és 20 R–R-távolság közötti) határoztam meg.

Bár az RQA módszere haszonállatfajok vizsgálatában nem elterjedt, szarvasmarhákban több kutatás is irányult tehének környezeti (*Hagen és mtsai, 2005*) és borjak patológiás (*Mohr és mtsai, 2002a*) ingerekre adott szív működési válaszainak jellemzésére. A %REC- és %DET-mutatókkal sikerült kimutatni a fajták közötti szív működésbeli különbségeket is két különböző fejéstechnológia mellett (*Hagen és mtsai, 2005*). E két tanulmány alapján szükséges lehet e mutatók alkalmazása is a hosszútávú stressz mértékének megállapítására, azonban megfelelő referenciák hiányában kellő óvatossággal és jól beállított kísérleti körülmények között használandók.

#### 2.3.4.4. A szarvasmarkákban végzett vizsgálatok fontosabb eredményei

A szarvasmarhák szív működésének – ha nem is elsősorban állatjóléti szempontú – vizsgálatának tudományos jelentőségét elsőként *Thomas és Moore (1951)* igazolták. A napi tejtermelés valamint a szükségleten felüli takarmányfelvétel és a HR közötti összefüggéseket leírva rávilágítottak a szívritmust befolyásoló külső körülmények standardizálásának szükségességére. Az azóta megjelent tanulmányok, amelyek csak a HR-t vizsgálták, többnyire az állatok jóllétének és stressztűrő-képességének meghatározását tűzték ki célul. Azok a vizsgálatok, amelyek a HRV mutatóit is vizsgálták, igen sokszínűek, azonban az alkalmazott módszertan változatosságából és kiforratlanságából adódóan gyakran nehezen értelmezhető eredményeket adtak.

Tejelő szarvasmarhák szív működésének vizsgálata öt fő kutatási terület köré összpontosul: 1) alapkutatások, 2) betegségek okozta patológiás stressz vizsgálata, 3) fájdalommal járó beavatkozások okozta stressz vizsgálata borjakban és tehénekben, 4) az állatok viselkedésének és jóllétének vizsgálata fejés során és 5) a mentális stresszorokra (választás, szeparáció, szokatlan helyzetek) adott rövidtávú szív működési válaszok elemzése. Bár a szakirodalom minden szegmense viszonylag kisszámú, mégis igazolja az elmúlt 15 évben egyre növekvő érdeklődést a HR és HRV vizsgálatok területén.

#### *Alapkutatások*

A szarvasmarhák szív működésének vizsgálata nem tekint vissza nagy múltra. A napjainkig megjelent tanulmányok jelentős hányadát a többnyire humán vizsgálatok céljára, illetve sportlovak számára gyártott műszerek, illetve a HRV-paraméterek alkalmazhatóságát értékelő munkák teszik ki. A következőkben a teljesség igénye nélkül bemutatott vizsgálatok módszertant megalapozó mi-voltuk miatt jelentősek.

Egy ezek közül a *Manzo és munkatársai (2009)* által végzett kutatás, amelyben borjak, kutyák és nyulak szív működését hasonlították össze az emberi szív működéssel. A kutatók megállapították, hogy borjakban a spektrális mutatók, (LF, HF és LF/HF) hasonló értékeket mutattak, mint a humán vizsgálati alanyoknál. Ezzel egyedülálló módon hívták fel a figyelmet az emberi és a borjakon meghatározott HRV-jelzőszámok hasonlóságára.

Sok tanulmány számol be tejlő tehenek szív működési értékeit befolyásoló, nem technológiai eredetű változókról (életkor, laktációs és vemhességi periódus, tejtermelés). Többen is megállapították azt a kísérlet-módszertani szempontjából nem elhanyagolható tény, hogy a HR cirkadián ritmust mutat (Yamamoto, 1989; Aharoni és mtsai, 2003; Brosh, 2007). A reggeli (06:00–08:00) órákban egy kisebb, míg a késődélutáni órákban (17:00–18:00) egy nagyobb csúcs tapasztalható (Yamamoto, 1989; Purwanto és mtsai, 1990). A HR növekedését a késődélutáni és koraesti órákban mások is leírták (Wenzel és mtsai, 2003; Janžekovič, 2005), amelyet néhányan az este megnövekedett metabolikus, illetve mozgási aktivitással magyaráztak. A napszak HRV-re való hatását azonban nem tudták kimutatni (Hagen és mtsai, 2005).

Mohr és munkatársai (2002a) komplex vizsgálatukban a laktáció és a vemhesség hatását vizsgálták. A vemhesség eltérő szakaszaiban lévő tejlő, illetve szárazon álló tehenek HRV-értékei között sem az idő-, sem a frekvenciatartományban végzett elemzések során nem találtak statisztikailag igazolható különbséget. A %DET nem lineáris paraméter volt az egyetlen mutató, amely értéke nagyobb volt a tejlő teheneknél a szárazonálló tehenekhez képest. A vemhesség különböző szakaszait vizsgálva a szerzők megállapították, hogy a késői vemhesség nem tartozik azok közé a fiziológiai tényezők közé, amelyek a HRV idő- és frekvenciatartományban számított paramétereiben számottevő változást idéznének elő.

Borjak, üszők és egyszer, illetve többször ellett tehenek vizsgálata azt is megmutatta, hogy az időtartományban számított (STD, RMSSD) és a geometriai mutatók (SD1, SD2) nagy egyedi eltérést mutatnak, azonban az STD és az RMSSD az eltérő korcsoportokban nem különböznek (Minero és mtsai, 2001). Ez a vizsgálat módszertanilag hasznos eredményeket közöl: egyrészt rámutat a kellő vizsgálati állatlétszám szükségességére, másrészt arra, hogy bizonyos mutatók meghatározásánál az életkorra nem kell tekintettel lennünk egyéb tényezők hatásainak vizsgálatakor.

Svájci kutatók (Gygax és mtsai, 2008) a napi tejtermelés és a HRV közötti összefüggéseket keresve megállapították, hogy az RMSSD paraméter a nagyobb tejhozamú teheneknél kisebb értéket mutatott, mint a kisebb tejtermelésű teheneknél. Ennek ellentmond az a holland kutatók által közölt vizsgálat (Hopster és mtsai, 2002), amelyben több független változó (napszak, a laktáció, valamint a vemhesség különböző szakaszai) mellett a napi tejtermelés hatását sem tudták kimutatni.

A fajták között is tapasztalhatóak szív működésbeli különbségek. Az átlagos nyugalmi HR borzderes és szimentáli teheneknél 67 (Hagen és mtsai, 2004; Schmied és mtsai, 2008a), míg holstein-fríz teheneknél 80 szívverés/perc volt (Rushen és mtsai, 2001; Wenzel és mtsai, 2003; Waiblinger és mtsai, 2004). Ennek oka a fajták közötti vérmérsékletbeli különbség lehet, amely szimentáli és svájci barna tehenek között is megmutatkozott (Hagen és mtsai, 2005). A vágusz tónust jelző mutatók (RMSSD, HF) szignifikánsan kisebb, a szimpatikus aktivitás mutatói (LF, LF/HF) pedig nagyobb értékeket vettek fel szimentáli tehenekben svájci barna tehenekkel összehasonlítva. Ennek egyik magyarázata lehet, hogy a szimentáli tehenek az intenzív tejtermelő rendszerekben érzékenyebbek a környezeti stresszre, mint a svájci barna tehenek (Hagen és mtsai, 2004).

Després és munkatársai (2002) holstein-fríz bikaborjak vegetatív idegrendszeri működését vegetatív blokádok alkalmazásával vizsgálták. Az állatokat a következő módokon kezelték: 1. atenolol (szimpatikus blokádot), 2. atropin-szulfát (paraszimpatikus blokádot), 3. atenolol + atropin-szulfát ('dupla' blokádot). A kontroll állatoknak fiziológias sóoldatot adtak be. Az adatfelvételt az injekciók beadása előtt 20 perccel kezdték meg, és a beadás időpontja után 20 percig folytatták. Az atenolol bár kismértékű HR-csökkenést váltott ki (-2,8 szívverés/perc), meglepő módon nem volt hatással egyik szimpatikus tónust jelző HRV-paraméterre sem. Nem találtak továbbá HRV-ben kifejezhető különbséget a sóoldat és az atenolol injekció hatásai között. Mindezek alapján a szerzők megítélése szerint a HRV paramétereit nem alkalmasak a szimpatikus tónus vizsgálatára. Ha azon-

ban óvatosabban közelítünk az eredményekhez, így is fogalmazhatunk: az atenolol indukálta szimpatikus blokádnak nem volt olyan hatással a borjak szív működésére, mely e jelzőszámokkal kimutatható lett volna. Ennek egyik magyarázata, hogy a borjaknak kicsi volt a szimpatikus aktivitása pihenés közben, mielőtt az injekciót kapták. Az is előfordulhat, hogy az állatok az egy hetes szoktatási időszak alatt hozzászoktak ehhez az eljáráshoz. Ezt alátámasztja a kutatók azon észrevétele, hogy az injekciók beadásakor nem próbáltak menekülni, és a beavatkozások alatt is nyugodtan viselkedtek.

Az atropin-szulfát az RMSSD és a HF értékeiben is szignifikáns csökkenést idézett elő az injekció beadása előtti időszakhoz képest, a paraszimpatikus tónus csökkenését jelezve. Ezt a folyamatot a HR növekedése kísérte (+29,7 szívverés/perc). Ezek a változások bár kevésbé voltak erőteljesek, amikor atenolol injekciót is kaptak az állatok az atropinnal egy időben, a paraszimpatikus tónus szignifikáns csökkenése (kisebb RMSSD) volt tapasztalható.

A vágusz aktivitását az új-zélandi kutatók később négy hónapos holstein-fríz bikaborjaknál is ki tudták mutatni a HRV alkalmazásával. *Stewart és munkatársai* (2010b) fiziológiai konyhasó-oldatot tartalmazó, illetve szimpatikus hatást kiváltó epinefrin nyaki infúziót kötöttek be az állatoknak. Az adatok felvételét a beavatkozás előtti 15. percben kezdték meg, és az infúzió eltávolítása utáni 10. percig folytatták. Az epinefrin infúzió eltávolítása a paraszimpatikus aktivitás növekedését (nagyobb RMSSD) eredményezte, amely a vegetatív idegrendszeri egyensúly helyreállása során megnövekvő paraszimpatikus tónus aktivitását jól tükrözi. Utóbbi két munka egyértelműen igazolja a HRV paraszimpatikus jelzőszámainak alkalmasságát a vegetatív idegrendszer tónusának jelzésére.

#### *A betegségek okozta stressz vizsgálata*

A belső eredetű stresszorok is hasonló megterhelést jelentenek az állatok számára, mint a környezetből származó ingerek. Tejelő tehenek szív működését főleg fertőző betegségekkel összefüggésben vizsgálták. Többen is kutatták szarvasmarhák szivacsos agyvelőgyulladás (bovine spongiforme encephalopathie, BSE) és a vegetatív idegrendszeri működés közötti összefüggéseket. Egyesek a vágusz aktivitásának növekedését (*Little és mtsai, 1996; Pomfrett és mtsai, 2004*), mások a HR csökkenését (*Austin és mtsai, 1997*) állapították meg a BSE-pozitív állatoknál. *Konold és munkatársai* (2011) azonban a HRV mutatóiban nem találtak különbséget egészséges és fertőzött állatok között, amely alapján arra következtettek, hogy a BSE kórokozója a szimpatikus és a paraszimpatikus idegrendszer diszfunkciójára egyaránt hatással van.

Szarvasmarhák vírusos hasmenésének (bovine viral diarrhoea, BVD) vizsgálatoknál fertőzött borjaknál a választás utáni második napon mind a vágusz (RMSSD és HF), mind a szimpatikus és paraszimpatikus tónus aktivitását egyaránt jelző paraméterek (SDNN és SDANN) értékeit kisebbnek találták, mint az egészséges borjaknál (*Mohr és mtsai, 2002a*). Mindezek alapján az erős és krónikus stressz, mint a BVD által előidézett nyálkahártya-károsodás, hasmenés, és az ezek következtében felboruló homeosztatisz egyensúly a BSE-hez hasonlóan, a vegetatív idegrendszer mindkét ágának aktivitását csökkenti. A frekvencia- és az időtartományban számított paraméterek nagyobb mértékű stresszt jeleztek patológiai terheltség esetén, mint külső eredetű stressz (magas hőmérséklet és rovarzavarás) fellépésekor, így ebben a vizsgálatban e mutatók nem csak a stressz szintjének, hanem formáinak elkülönítésére is hasznosak bizonyultak.

Módszertanilag fontos eredmény, hogy az RQA módszerével számított nem lineáris mutatók mindegyike szignifikánsan nagyobb volt a BVD-vel fertőzött csoportban, mint az egészséges borjaknál. A szerzők a legreprezentatívabb mutatónak a krónikus stressz különböző formáinak elkülönítésére azonban az  $L_{MAX}$ -paramétert találták. Bár a %DET értéke szárazonálló, illetve tejelő tehenek esetében különbözött, a környezeti stressz alatt álló és beteg borjakban nem mutatott eltérést.

### *A szív működés vizsgálata a fejés körüli időszakban*

A fejés közben fellépő stressz csökkentheti a leadott tej mennyiségét az oxitocin kiválasztásának gátlásával (*Bruckmaier és Blum, 1998; Bruckmaier és mtsai, 2001*), amely az állatok jóllétét is ronthatja (*Rushen és mtsai, 2001*), ezért tejelő szarvasmarhákon többen is kutatták a különböző fejési technológiák szív működésre kifejtett hatásait.

Ugyanazon tartástechnológia mellett robotfejéshez hozzászokott tehenek és hagyományos fejési rendszerekben fejt tehenek fejés közbeni HRV-paramétereit összehasonlítva nem találtak állatjólléti szempontból jelentős különbségeket sem szimentáli és svájci barna (*Hagen és mtsai, 2005*) sem holstein-fríz teheneknél (*Neuffer, 2006; Gygax és mtsai, 2008*). Bár egyesek kismértékű nyugtalanságot tapasztaltak a robotizált fejési rendszerben fejt teheneknél (*Wenzel és mtsai, 2003; Gygax és mtsai, 2008*), többen hasonló viselkedési reakciókat találtak hagyományos és robotizált fejés során (*Hagen és mtsai, 2004, 2005*).

*Hopster és munkatársai (1998)* a nem megszokott fejőállásban fejt tehenek szív működési reakcióit vizsgálták 28 hónapos megfigyelési idő alatt a fejések legalább 75%-ában fejőállás-preferenciát mutató teheneknél. A HRV-értékek a fejés első percében a nem kedvelt fejőállásban fejt teheneknél nagyobb stresszszintet jeleztek a számukra kedvező fejőállásban fejt, illetve fejőállás-preferenciát nem mutató tehenekkel összehasonlítva. A fejőállás-preferenciát mutató tehenek eltérő szív működési reakcióit az állatok fokozott nyugtalanságával magyarázták. E rövidtávú stressz azonban nem csökkentette a leadott tej mennyiségét, ellentétben más vizsgálatokkal (*Bruckmaier és mtsai, 1993; Rushen és mtsai, 2001*), amelyekben a leadott tej mennyiség és a kiválasztott oxitocin csökkenését állapították meg számukra szokatlan helyen fejt teheneknél. Igaz, e vizsgálatokban a kísérleti elrendezésből adódó, társaktól való izoláció is növelhette a stressz mértékét, amely a HR növekedésében is megmutatkozott (*Rushen és mtsai, 2001*).

### *A fájdalom és a félelem okozta stressz vizsgálata*

A fájdalomtól eredő stressz hatásait főleg a vérplazma kortizolkoncentrációjának mérésével vizsgálták borjakban szarvtalanítás (*Stafford és Mellor, 2005, 2011*) és ivartalanítás közben (*Coetzee, 2013*). Újabban több vizsgálat is irányult a fájdalommal járó, időszakos beavatkozások HRV-vel való értékelésére is. A legtöbb vizsgálatban a fájdalomcsillapítás hatásosságát értékelték. Az égetéssel történő szarvtalanítás hatásait *Stewart és munkatársai (2008a)* helyi érzéstelenítéssel és érzéstelenítés nélkül vizsgálták. A szerzők a helyi érzéstelenítés nélkül végzett szarvtalanítást követően a paraszimpatikus tónus csökkenését (kisebb HF) és ezzel párhuzamosan növekvő szimpatikus aktivitást (nagyobb LF és LF/HF) állapították meg, igazolva, hogy a fájdalomtól adódó stressz szimpatikus tónus növekedése mellett a vágusz tónus csökkenését is okozza, amelyet korábban már emberekben is leírtak (*Porges, 1995*). A helyi érzéstelenítés mellett végzett szarvtalanítás szintén a szimpatikus tónus növekedésével (nagyobb LF és LF/HF) és a vágusz tónus csökkenésével járt együtt (kisebb HF). Bár a szerzők egy másik közleményükben az érzéstelenítés fájdalomcsillapító hatásáról számoltak be (*Stewart és mtsai, 2008b*), az e kísérletben alkalmazott érzéstelenítés nem volt olyan hatással a vegetatív idegrendszerre, hogy az HRV-ben is megmutatkozzon.

Az érzéstelenítés nélküli ivartalanítás szív működésre kifejtett hatásait értékelve *Stewart és munkatársai (2010a)* újabb vizsgálatukban a fenti kísérletüknek némileg ellentmondó eredményeket kaptak. Az RMSSD és a HF értékei nőttek, ezzel párhuzamosan az LF és az LF/HF értékei csökkentek az operációt követően, a paraszimpatikus tónus felerősödését és a szimpatikus aktivitás csökkenését jelezve. Az eredmények az ondózsínör roncsolása következtében fellépő mély zsigeri fajda-

lommal hozhatóak összefüggésbe, amelyet a medencei zsigerekhez tartozó herékből a paraszimpatikus idegek közvetítenek.

Egyes vizsgálatok szerint nemcsak a fájdalom, hanem az állatok lekötésével és rögzítésével járó beavatkozások okozta félelem is csökkentheti az állatok jóllétét (*Boissy és Bouissou, 1998*). Kifejlett szarvasmarháknál a bendőfolyadék-vétel rutinszerű eljárását nem találták megterhelőbbnek, mint az állatok beavatkozás előtti rögzítését és érzéstelenítését (*Mialon és mtsai, 2012*). Sem a HR, sem az állatok viselkedése nem változott a beavatkozás alatt, akár érzéstelenítéssel, akár érzéstelenítés nélkül végezték, azonban a HR és a kortizolkoncentráció nőtt az állatok rögzítésekor.

A durva bánásmód okozta félelem hatással van a szívműködésre (*Rushen és mtsai, 1999*). A szerzők szerint a vizsgálati állatok az őket előzetesen durva bánásmódban részesítő gondozó jelenlétében nyugtalanabbak voltak fejés közben és szívritmusuk is nagyobb volt, mint amikor a velük jól bánó gondozó vett részt a fejésen. Utóbbi jelenlétében 70%-kal kevesebb volt a visszatartott tej mennyisége is. Ezzel összhangban, *Waiblinger és munkatársai (2004)* a rektális vizsgálat és mesterséges termékenyítés előtt négy hetes, illetve a beavatkozások alatti pozitív érintkezést (simogatás és halk beszéd mindkét esetben) sikeresnek találták a stressz enyhítésére, ugyanis hatásukra csökkent az állatok beavatkozás alatti szívritmusa.

Újabb kutatási eredmények szerint azoknak az állatoknak, amelyek nyakát a vizsgálat előtt 10 percig simogatták, csökkent a szívritmusa és kevésbé kerültek el a gondozót (*Schmied és mtsai, 2008a*), mint azok a társaik, amelyekkel nem foglalkoztak. Ennek oka, hogy az állatok egymás tisztogatása közbeni érintkezés nyugtató hatású az ápolat tehénre nézve és ez a HR csökkenésében is látszik (*Laister és mtsai, 2011*).

#### *Az izoláció és a választás okozta stressz vizsgálata*

A fent említett vizsgálaton túl, több, az állatok szociális kötődését vizsgáló tanulmányban is megállapítást nyert, hogy csoporttársaktól való elkülönítés üszök (*Boissy és Le Neindre, 1997*) és tehenek (*Hopster és Blokhuis, 1994*) esetében is a HR emelkedésével jár. Az izolációs stressz azonban mérsékelhető (*Rushen és mtsai, 2001*). Azoknál a társaiktól elkülönítetten fejt teheneknél ugyanis, amelyeket simogattak és keféltek fejés közben, kisebb HR-t mértek, mint azoknál az állatoknál, amelyekkel nem foglalkoztak a fejés alatt.

A korai és általában hirtelen történő elválasztás jelentős stresszt okozhat a borjak számára, amely hatását *Clapham és munkatársai (2007)* a paraszimpatikus tónust reprezentáló RMSSD csökkenésével mutatták ki a választás utáni első 12 napban. Ez az eredmény arról tanúskodik, hogy a választás utáni stressz hosszútávon fennáll, főleg, ha a vizuális kontaktus is megmaradhat az anya és borja között (a borjakat villanypásztorral kerítették el a tehenek legelőjétől 230 méterre). Egy másik vizsgálatban ezzel ellentétben, teheneknél az ellés utáni 3. napon történő elválasztás csak kismértékű és mindössze 1 percig tartó HR változást okozott (*Hopster és mtsai, 1995*), amely azt sugallja, hogy a borjú korai elválasztása az izolációval ellentétben nem jelent számottevő stresszt a teheneknek.

A szarvasmarhákon végzett HR- és HRV-vizsgálatok kísérleti elrendezését – a teljesség igénye nélkül – az **1. sz. mellékletben** mutatom be.





### 3. SAJÁT VIZSGÁLATOK

#### 3.1. Tejelő tehenek szív működésének alapvizsgálatai (1. vizsgálat)

A tejelő szarvasmarhák szív működését vizsgáló tanulmányok számos termelési vagy technológiai szempontból fontos helyzetben értékelték az állatok HR- és HRV-mutatóit. Ezek a vizsgálatok legtöbbször az állatok jóllétének és stressz szintjének megállapítását helyezték a középpontba. Nem közölték azonban az alapvető testhelyzetekben és tevékenységek (pl. kérődzés, takarmányfelvétel) alatt mért szív működési értékeket holstein-fríz fajtában, amelynek ismerete nélkül a komplex stressz- és viselkedésvizsgálatok eredményei egyes esetekben nehezen értelmezhetők. Feltételezésem alapján az eltérő tartástechnológiában tartott állatok szív működési jellemzői különbözhetnek. Mivel a korábbi vizsgálatok nagy részét kis állatlétszámú, kísérleti telepeken végezték, fontosnak tartottam, hogy több, földrajzi fekvésében, technológiájában és állomány méretében is eltérő tehenészetben vegyem fel az alapvető HR- és HRV-értékeket. Célom volt megtudni, hogy a fekvés, a fekvés-kérődzés, az állás, az állva kérődzés és a takarmányfelvétel közben hazai tehenészetekben a korábbi vizsgálatokhoz képest nagyobb egyedszám mellett hogyan alakulnak a szív működési mutatók.

A szarvasmarhák vérmérséklete hatással van egyes termelési mutatókra (King és mtsai, 2006), és az is bizonyított, hogy a stresszorokra adott viselkedési reakciókban egyedi különbségek lehetnek (Kilgour és mtsai, 2006). A vérmérséklet, az embertől való félelem és a szív működés összefüggéseit azonban mindeddig kevesen értékelték (Sutherland és mtsai, 2012). Első vizsgálatom célja a tejelő tehenek vérmérséklete, embertől való féltősége és nyugalmi szív működési jellemzői közötti összefüggések feltárása volt.

Tejelő szarvasmarhák szív működési mutatóinak napszakosságáról és évszakosságáról sincsenek ismereteink, az 1. vizsgálatban e területen is igyekeztem adatokat gyűjteni.

##### 3.1.1. Anyag és módszer

###### 3.1.1.1. A vizsgálati állatok és tehenészetek

Az 1. vizsgálatot két kisebb állománylétszámú, közepes termelési szintű és három nagyobb állománylétszámú, intenzív tejtermelő tehenészetben végeztem, holstein-fríz teheneken. A telepek jellemzőit a **2. sz. melléklet** ismerteti. A szív működés alapértékeinek vizsgálatához (testhelyzet, tevékenység, vérmérséklet, embertől való félelem szerinti értékelés) igyekeztem úgy válogatni az állatokat, hogy napi tejtermelésük és tejelő napjaik száma tehenészetenként hasonló legyen. A vizsgálati állatok mind a hat tehenészetben klinikailag egészségesek voltak, ennek megállapításában állatorvos volt a segítségemre. A sánta, a gyenge kondícióban lévő, valamint az ivazró tehenek nem kerültek a vizsgálati mintába. A szív működési mutatók napszakosságának és évszakosságának vizsgálatában azok az állatok, amelyek ellése 5 napon belül volt várható, illetve amelyeket 5 napon belül apasztottak, nem vettek részt. Az 1. vizsgálatba vont állatok (n=307) termelési adatairól a **4. táblázat** ad tájékoztatást. Célkitűzéseimnek megfelelően, a szív működés alapértékeinek vizsgálatának helyszínén olyan tehenészeteket választottam, amelyek tartási és takarmányozási körülményeikben, ezáltal termelési eredményeikben is különböznek egymástól (**7–10. kép**). Fontos szempont volt,

hogy az adatfelvételt, a készülékek rögzítését és eltávolítását, a telepi munkához igazítva, azt minél kisebb mértékben korlátozva tudjam végrehajtani és az állatok viselkedését folyamatosan figyelemmel tudjam kísérni.

A szív működési mutatók napszakosságának és évszakosságának vizsgálata (Ráckeresztúr, Lászlópuszta) egy komplex kutatás része volt, amelyben az ellés előtti időszak élettani változásait igyekeztünk feltérképezni. Ennek megfelelően, az ellés előtti időszak tartási és takarmányozási gyakorlatát, illetve az állatok vemhes napjainak számát figyelembe véve, az itt felvett HR és HRV adatokat nem hasonlítottam össze a többi tehenészetben mért értékekkel. A vizsgálati időszak hossza lehetővé tette az akár 12 napos adatgyűjtést, elősegítve ezzel a szív működés napszakos változékonyságának vizsgálatát. A tehenészetben az ellés előtt 4 héttel az állatok az előkészítő csoportba kerültek, így a fejéssel járó rendszeres mozgás nem befolyásolhatta, illetve a fejőházban töltött idő nem korlátozhatta a folyamatos és viszonylagos nyugalomban történő adatfelvételt.



**7. kép:** 400 m hosszú termelőistálló (Csipőtelek)



**8. kép:** Almozott karám (Nóráp)



**9. kép:** Gumiszőnyeges pihenőboksza (József major)



**10. kép:** Szalmás almozás (Ödön major)

*Fotók:* Kovács Levente

**4. táblázat:** Az 1. vizsgálat időszakai és a vizsgálatba vont állatok főbb jellemzői (átlag±SD)

Tehenészet	Vizsgálati időszak	Életkor (év)	Ellésszám	Tejelő napok száma	Napi tejtermelés (kg)	Kondíció
Etyek, Ödön major (n=55)	2012. október–december (n=27) 2013. február–március (n=28)	4,5±1,2	2,0±0,4	152,3±14,8	32,2±5,1	2,8±0,5
Hatvan, József major, fejóház (n=27)	2013. március	4,8±1,6	1,9±0,5	213,3±36,4	23,4±4,6	2,7±0,7
Hatvan, József major, fejőrobot (n=24)	2013. május	4,9±1,7	2,1±0,5	274,4±47,1	21,9±3,1	3,2±0,8
Jászapáti (n=36)	2011. április	5,5±1,3	3,1±0,8	148,4±10,7	36,3±4,3	2,8±0,3
Nóráp (n=43)	2012. szeptember–november	6,0±1,5	3,2±1,2	223,6±40,6	25,5±7,1	3,1±0,3
Csípótelek (n=58)	2013. április–május	5,3±1,4	2,8±0,3	159,8±12,2	45,9±6,6	3,2±0,4
Ráckeresztúr, Lászlópuszta (n=64)	2013. június–július (n=30) 2013. november–december (n=34)	5,2±1,3	2,7±0,9	0	0	2,6±0,4

### 3.1.1.2. Az adatgyűjtés módszere

A különböző testhelyzetek és tevékenységek, illetve a vérmérséklet és az embertől való félelem és a HRV közötti összefüggések értékeléséhez minden tehenészetben naponta 8–12 állatot választottam ki. A műszereket a hagyományos, fejőházi fejési rendszerekben a reggeli fejés után rögzítettem az állatokon, 6:30 és 8:30 között. Csípőtelken mindez a reggeli fejést követő takarmánykiosztás után a nyaklefogókkal felszerelt etetőasztalnál történt, ahol az állatokon a mindennapi szaporodásbiológiai vizsgálatokat végzik. Ödön majorban, József majorban, a hagyományos fejőházi fejés üzemelésekor és Jászapátiban az állatokat a fejést követően az inszemináló helyiségbe tereltem, ahol rögzítettem őket, majd felszereltem rájuk a műszereket. József majorban, a robotizált fejési rendszer üzemelésekor – az állatok napi ritmusának megzavarását és ennek az alap szív működési értékekre gyakorolt hatását kiküszöbölendő – nem reggel kezdtem meg az állatok kiválogatását. Ez az időszak ugyanis nem minden, a vizsgálatra előzetesen kiválasztott állat esetében esett egybe a fejés időpontjával. Mivel minden tehenészetben – a fejések időpontja által behatárolt lehetőségekhez mérten – a teljes nappali időszakot (kb. 09:00–19:00) igyekeztem végigkövetni, ezért a robotizált fejési rendszerben az állatok 24 órás monitorozására volt szükség. Így azokról az egyedekről is elegendő adatot tudtam gyűjteni a nappali időszakban, amelyeket – a fejőrobot önkéntes látogatásának köszönhetően (a technológia részletes ismertetése: 2. vizsgálat, 3.2.1.1 fejezet) – csak a délután folyamán (két állat esetében 18:00 után) tudtam kiválasztani a műszerek rögzítéséhez. A nórápi gazdaságban a reggeli fejés előtt az almozott karámból a téli szálláshelyül szolgáló istállóba hajtották az állatokat, ahol fejésig várakoztak. Nórápon ez az istálló volt a legalkalmasabb a műszerek rögzítésére. Itt a tulajdonos volt segítségemre az állatok előkészítésében.

Az R–R-távolságok rögzítését a sportlovak számára kifejlesztett Polar Equine RS800 CX (Polar Electro Oy, Kempele, Finnország) műszerekkel végeztem, amelyek egy speciális jeladót, egy HR-vevőkészüléket, két elektródát és egy GPS-t tartalmaznak (**11. kép**).



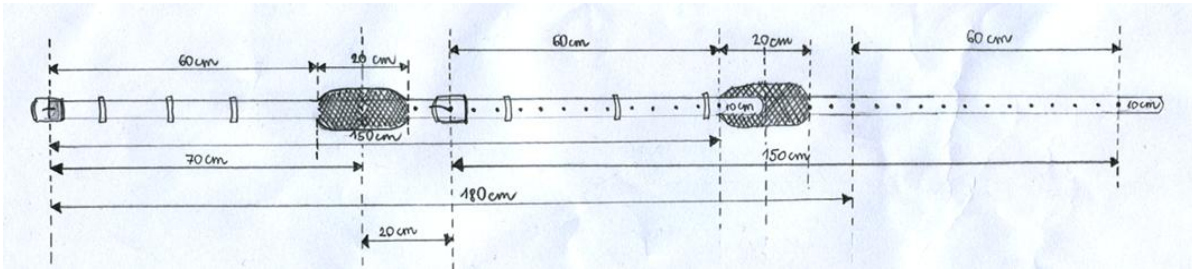
1: jeladó, 2: HR-vevőkészülék, 3: elektróda, 4: elektródahám, 5: GPS, 6: adatátvivő

**11. kép:** Polar Equine RS800 CX műszer tartozékaival

*Fotó:* Szentléleki Andrea

Az egyik elektródát von Borell és munkatársai (2007) iránymutatása alapján a szív tájékán, míg a másikat a jobb lapocka felett helyeztük el. A jobb vezetőképesség érdekében korábbi javaslatok (Hagen és mtsai, 2005; Gyax és mtsai, 2008) és saját tapasztalataim alapján bőséges mennyi-

ségű géllal (Aquaultra Blue, MedGel Medical, Barcelona, Spanyolország) kentem be az elektródák felszínét. Az elektródahámot saját tervezésű, szarvasmarhabőrből készült hevederrel rögzítettem az állatokon. A heveder két ponton, acél csatokkal állítható, így hossza nem csak a vizsgálati állatok övméretéhez, hanem a szív–jobb lapocka távolságához is igazítható (**9. ábra, 12–13. kép**).



**9. ábra:** Az elektródahámot és az elektródákat rögzítő heveder tervrajza



**12–13. kép:** A HR-vevőkészülék elhelyezése (balra: Ödön major) és védelme (jobbra: Gödöllő)



**14–15. kép:** A műszerek az egyes állatok érdeklődését felkelthetik (balra: Nóráp), így az elektródákat védenem kellett kell az elmozdulástól (jobbra: Gödöllő)

*Fotók:* Kovács Levente

Az állatokat az előkészületeket követően a könnyebb azonosíthatóság érdekében jelölőkrétával jelöltem meg a mar és a csipőszögletek tájékán, illetve a hátsó lábakon. A rögzítés utáni 30–60 perc során az állatok fokozott érdeklődést mutatnak a készülékek és a rögzítő heveder iránt (**14. kép**), ezért a heveder megtervezésénél az elektródák védelmére is ügyelnem kellett (**15. kép**).

A szív működési értékek rögzítését mindegyik vizsgálatban egy óras hozzászokási idő után kezdtem meg. A minél sikeresebb adatfelvétel érdekében rendszerint 2–3 személy (egy állatorvos és két diplomaterves hallgató) volt a segítségemre.

### 3.1.1.3. Viselkedési megfigyelések

#### *Testhelyzet és tevékenység*

A műszerek rögzítése után az állatok legtöbbször először takarmányhoz jutottak, majd elhelyezkedtek a pihenőtéren. A vizsgálati állatok testhelyzetét és aktivitását a vizuális megfigyeléseim alapján jegyeztem fel. Az állatok megfigyelésekor az eltelt idő rögzítésére a teheneken lévő HR vevőkészülékekkel szinkronba állított karórákat használtam. Minden tehenészetben az etetőasztal mögötti közlekedőúton helyezkedtem el a pihenőtértől kb. 5–8 m-re, a lehető legkisebb zavarást okozva az állatoknak. A vizsgálat során minden állaton igyekeztem három óránként ellenőrizni a HR vevőkészülékek működését. Erre – a vizsgálati eredményeim befolyásolását elkerülendő – rendszerint az egyes egyedek egy-egy táplálkozási periódusának végeztével kerítettem sort. A szív működési értékeket az alábbiak szerint megfigyelt tevékenységek kezdete és vége között rögzítettem:

**Takarmányfelvétel.** Az állat társaitól nem zavarva, folyamatosan táplálkozik az etetőasztalnál álló testhelyzetben (**16. kép**). Az adatrögzítést megelőző két percben nem végez helyzetváltoztató mozgást. Az adatrögzítést megelőző két percben és az időszak során nem éri számottevő környezeti hatás (pl. társas kapcsolat, gondozó vagy munkagép jelenléte).



**16. kép:** Az R–R-távolságok rögzítése takarmányfelvétel közben (Lászlópuszta)

*Fotó:* Kovács Levente

**Állás.** Az állat társaitól nem zavarva nyugodtan (nem kérődzve) áll a pihenőboksztban, a pihenőtéren vagy az istálló bármely részén. Az adatrögzítést megelőző 10 percben nem végez helyzetváltoztató mozgást és nem táplálkozik. Az adatrögzítést megelőző két percben és az időszak során nem éri számottevő környezeti hatás.

**Állva kérődzés.** Az állat zavartalanul áll és legalább két perce kérődzik a pihenőboksban, a pihenőtéren vagy az istálló bármely részén. Az adatrögzítést megelőző 10 percen belül nem végez helyzetváltoztató mozgást, illetve az azt megelőző öt percen belül nem táplálkozik. Az adatrögzítést megelőző két percen belül és az időszak során nem éri számottevő környezeti hatás.

**Fekvés.** Az állat kényelmesen, társaitól nem zavarva nyugodtan fekszik (esetleg alszik) a pihenőboksban vagy a pihenőtéren. Az adatrögzítést megelőző 10 percen belül nem végez helyzetváltoztató mozgást és nem táplálkozik. Az adatrögzítést megelőző két percen belül és az időszak során nem éri számottevő környezeti hatás.

**Fekve kérődzés.** Az állat kényelmesen, társaitól nem zavarva nyugodtan fekszik és kérődzik a pihenőboksban vagy a pihenőtéren. Az adatrögzítést megelőző 10 percen belül nem végez helyzetváltoztató mozgást és nem táplálkozik. Az adatrögzítést megelőző két percen belül és az időszak során nem éri számottevő környezeti hatás.

Az állatok viselkedését folyamatosan figyelemmel követtem az esti fejére való felhajtságig (ez az időpont a vizsgált gazdaságokban 19:00 és 20:30 között változott).

### *Vérmérséklet és embertől való félelem*

A vizsgálati állatok vérmérsékletét a műszerek felhelyezése, mint nem megszokott környezeti inger alkalmával értékeltem, a lászlópusztai tehenészet kivételével minden tehenészetben. Az adatokat később együtt (az összes tehenészet eredményeit összevonva) elemeztem. Az állatok viselkedését az állatokkal szemben, azoktól 3 m-re elhelyezkedő két megfigyelő egy 3 pontos skálán pontozta az **5. táblázat** alapján. A pontszámokat az értékelést követően átlagoltam. Az állatokat a viselkedésükre kapott átlagos pontszámok alapján vérmérsékletcsoportokba osztottam:

**5. táblázat:** A műszerek rögzítése során megfigyelt vérmérsékletcsoportjai (saját pontozási rendszer)

A viselkedés leírása	Pont
Az állat nyugodtan áll, csak ritka, pár másodpercig tartó fülmozgások, illetve fark legyintések figyelhetők meg, esetleg ritkán izomremegés/reszketés.	1 nyugodt
Gyakori fülmozgások, farklegyintések, izomremegés, gyakori testhelyzet-változtatás (lépések), az állat a fejét a rögzítést végző személyek felé fordítja, ürít vagy vizeletet.	2 élénk
A korábbiakon kívül védekező reakciók (pl. a fej rázása, rúgás/ökklési kísérlet) is megfigyelhetők, esetleg az állat le akar feküdni (egyik vagy mindkét carpus a földön van).	3 ideges

Az állatok félelmi reakcióit az etetőasztalnál végzett közelítési teszt (*Welfare Quality*, 2009) módosított változatával jellemeztem. A tesztet két, az állatok számára ismeretlen személy végezte. A vizsgálatot végző személyek a teszt során az etetőasztalnál táplálkozó állattal szemben helyezkedtek el. A szemkontaktus felvétele után lassan elindultak az állat felé, majd egyre közeledve megkísérelték az állat orrát megérinteni. Az állat orra és a tesztet végző személy keze közötti távolságot vizuális megfigyelés alapján egy harmadik személy becsülte meg. Az állatok egymást követő megközelítése között legalább 10 percnél kellett eltelnie. A két megközelítés között a tesztet végző

személyek nem tartózkodtak az állat látóterében. Ügyeltünk arra is, hogy a vizsgált állatok viselkedését ne befolyásolhassa az előtte tesztelt állat viselkedése (kellő távolság volt az etetőasztalnál az egymás után megközelített állatok között). Az egyedek megközelíthetőségét és a megközelítés során az emberrel való kapcsolatot az korábban leírt viselkedési teszteket (*Welfare Quality*, 2009; *Rousing és mtsai*, 2006) kombinálva és azokat módosítva a **6. táblázat**ban ismertetett változókkal értékeltem. A két megközelítés során feljegyzett pontszámokat az adatok elemzésekor átlagoltam.

**6. táblázat:** Az embertől való félelem leírására szolgáló mutatók

Értékelt változók	Kategóriák			
Megközelíthetőség (M)	0 cm: 1 pont	1–40 cm: 2 pont	>40 cm: 3 pont	
Reakció erőssége (R)	nem mozdul 1 pont	fejét elfordítja 2 pont	hátrál <sup>1</sup> 3 pont	menekül <sup>2</sup> 4 pont
Kapcsolat (K)	0 vs. 1	1 pont: az állat megérintése után sem mozdul el, a tesztet végző személy kezét megszagolja vagy ellöki, hagyja magát simogatni/kézből eszik; 0 pont: nem jön létre kapcsolat		

<sup>1</sup>A vizsgálatot végző személy közeledésekor több lépést tesz hátrálva, de nem távozik a jászoltól

<sup>2</sup>A vizsgálatot végző személy közeledésekor több lépést tesz hátrálva, majd elhagyja az etetőteret

Az embertől való félelem (EVF) jellemzésére a fentiek alapján egy egyénileg meghatározott, az állatok viselkedésének összetevőit súlyozottan értékelő képletet használtam:

$$EVF = M \times 0,6 + R \times 0,4 - K.$$

Könnyen megállapítható, hogy minél kevésbé tanúsít az állat elkerülő magatartást, illetve létrejön a kapcsolat, az EVF értéke annál kisebb, minél féltékenyebb az állat, az EVF értéke annál nagyobb. Négy csoportba osztottam az állatokat:

$0 \leq EVF \leq 1$  pont: nem félténk;  $1 < EVF \leq 2$  pont: tartózkodó;  $2 < EVF \leq 3$  pont: félténk;  $3 \text{ pont} < EVF$ : igen félténk

Az EVF számítási módját tanulmányozva kiderül, hogy „nem félténk” besorolást csak olyan állat kaphat, amely orra a tesztet végző személyek által megérinthető. Ugyanis, amennyiben nem érinthető meg ( $M \geq 2$ ), úgy nem jön létre kapcsolat sem ( $K=0$ ), vagyis az EVF értéke legalább  $2 \times 0,6 = 1,2$  pont lesz. Az is belátható, hogy a nem félténk állat a megérintés után nem mozdul el, vagyis esetükben  $R=1$ . Ha  $R > 1$  lenne, vagyis ha az állat a megérintés után elfordítaná a fejét vagy hátrálna, szintén nem jöhetne létre kapcsolat a tesztet végző személlyel ( $K=0$ ), vagyis az EVF minimum értéke  $1 \times 0,6 + 2 \times 0,4 = 1,4$  pont lenne. Mindezt azért szükséges leírni, hogy lássuk, az ember közelítésekor mutatott viselkedés több komponensét (megközelíthetőség mértéke, a kapcsolat létrejötte és erőssége) egyszerre értékelő mutatóval pontosan meg lehet határozni az EVF mértékét. Erre az összetett mutatóra azért volt szükség, hogy több csoportba oszthassam az állatokat úgy, hogy közben csak olyan, szemmel jól megkülönböztethető összetevőket építsek be az egyenletbe, ame-



lyekkel a különböző megfigyelők által az állatok viselkedési reakciója egységesen meghatározható. A tesztek során az értékelést ugyanis nem mindig ugyanaz a személy végezte, mivel az állatok egy-egy vizsgálati napon különböző istállóban vagy istállórészekben tartózkodtak az etetési időszakban. A megközelítési tesztet az összes tehenészetben (Lászlópusztát kivéve) vizsgálatba vont 243 tejelő tehén közül 7 állaton nem tudtuk elvégezni, ugyanis ezek az egyedek nem tartózkodtak az etetőasztalnál, illetve a vályúnál az adott vizsgálati napon, a vizsgálati időszakban.

### *A HR és a HRV napszakossága és évszakossága*

A szív működés ritmusát szárazonálló teheneken vizsgáltam nyáron (n=30, június–július) és télen (n=34, november–december). A viselkedést a nap 24 órájában rögzítettem, két éjjellátó kamerát tartalmazó (Vivotek IP8331, VIVOTEK Inc., Taiwan) kamerarendszer segítségével (**17. kép**).



**17. kép:** A vizsgálati állatok megfigyelése kamerával (Lászlópuszta)

*Fotó:* Kovács Levente

A kamerákat a két oldalról nyitott istálló tetőszerkezetén helyeztem el. A kamerarendszer számítógép-hálózat alapú, ami azt jelenti, hogy az állatok testhelyzetét és viselkedését a kamera valós idejű képe alapján a tehenészet pihenőterében lévő számítógépemen várakozás nélkül tudtuk rögzíteni. Segítőimmal 8 óránként váltottuk egymást a megfigyelés során. Egy-egy állatról 4–7 napig rögzítettünk folyamatosan adatokat. A szív működés napszakosságának és évszakosságának két vizsgálati időszakában elemzett 5 perces R–R-intervallumokat nyugodt fekvés során vettem fel (minden órában négy mintát állatonként). Az adatokat a HR-vevőkészülék tárolókapacitását kihasználva (25000 R–R-távolság) 48 óránként számítógépre töltöttem. Az állatokat ez alatt a kísérleti területen elhelyezett kalodában rögzítettem. Ekkor a műszereket megigazítottam rajtuk és az elektródákat ismételten bevontam géllal. Az ezt megelőző és követő 30 perces időszakot nem vettem figyelembe a HRV elemzésekor.

## 3.1.1.4. A HRV elemzése

A vizsgálatok végeztével az adatokat a Polar IRDA vezeték nélküli infravörös adatátvivő segítségével számítógépre töltöttem, majd archiváltam. Az R–R-adatok elemzését a *Tarvainen és Niskanen* (2008) által továbbfejlesztett Kubios 2.1 HRV elemző szoftverrel végeztem. A HRV mutatóit *von Borell és munkatársai* (2007) és korábbi tejelő tehének szív működését vizsgáló tanulmányok (*Mohr és mtsai, 2002a, Hagen és mtsai, 2005*) javaslatai alapján 5 perces jelszakaszokon elemeztem. A műhibák eltávolításához a program 'custom' szűrőjét használtam (**3. sz. melléklet**). Az R–R-görbét szemmel is megvizsgáltam és a még fennmaradó hibás jelszakaszokat nem használtam a további elemzéshez. Az 1. vizsgálatban a szarvasmarhák HRV elemzésében leggyakrabban használt idő- és frekvenciatartományban számított mutatókon kívül Poincaré, geometriai és a változékonyság nem lineáris dinamikáját kifejező paramétereket is meghatároztam (**7. táblázat**).

**7. táblázat:** Az 1. vizsgálatban számított szív működési jelzőszámok

Elemző módszer	Szív működési mutató
A szív működési paraméterek közötti korreláció számításához	
Időtartományban	HR ( $\text{min}^{-1}$ ), RMSSD (ms)
Frekvenciatartományban	HF (n.u.), LF (n.u.), LF/HF
Geometriai mutatók	RRtri (ms), TINN (ms)
Poincaré grafikon	SD1 (ms), SD2 (ms), SD2/SD1
RQA	%DET, %REC, $L_{\text{MAX}}$ , Shannon entropy
DFA	DFA1, DFA2
Egyéb nem lineáris mutatók	Sample Entropy
A testhelyzetek/tevékenységek során mért szív működési értékek összehasonlításához	
Időtartományban	HR ( $\text{min}^{-1}$ ), RMSSD (ms)
Frekvencia-tartományban	HF (n.u.), LF/HF
Poincaré grafikon	SD1 (ms)
A vérmérséklet és az EVF szív működési vonatkozásainak értékeléséhez	
Időtartományban	HR ( $\text{min}^{-1}$ ), RMSSD (ms)
Frekvencia-tartományban	HF (n.u.), LF/HF
Poincaré grafikon	SD1 (ms)
A HR és a HRV napszakosságának és évszakosságának tanulmányozásához	
Időtartományban	HR ( $\text{min}^{-1}$ )
Geometriai mutató	RRtri (ms)
Frekvencia-tartományban	HF (n.u.), LF/HF

A spektrális mutatókat az *Akselrod és munkatársai* (1981) által kifejlesztett, az FFT algoritmusára épülő elemző módszerrel számítottam, a frekvenciatartományokat *von Borell és munkatársai* (2007) által kifejlett szarvasmarhákra javasolt értékek szerint állítottam be (LF: 0,05–0,20 Hz, HF: 0,20–0,58 Hz). A Poincaré-jelzőszámokat lovak (*Schmidt és mtsai*, 2010b) és szarvasmarhák (*Minero és mtsai*, 2001) vizsgálatárban leírt módszerrel határoztam meg. A HRV nem lineáris jelzőszámait az RQA (mutatók: %REC, %DET, és  $L_{MAX}$ ) és a DFA (mutatók: DFA1 és DFA2) technikákkal számítottam. Az R–R-távolságok geometriai leképezéséhez az RRtri-mutatót és módosított változatát, a TINN-mutatót határoztam meg. A program által számolt további paraméterek közül a Sample entropy mutató az R–R-adatsorok előrejelezhetetlenségét (*Richman és Moorman*, 2000) mutatja. A HRV-mutatók közötti korreláció meghatározásához, illetve a vérmérséklet és a szív működési értékek közötti összefüggések vizsgálatához a nyugodt állás és a nyugodt fekvés során felvett értékeket használtam. A vérmérséklet, az EVF és a szív működés közötti kapcsolat értékeléséhez nem a műszerek rögzítése, illetve a megközelítési teszt alkalmazásával, hanem a nyugodt fekvés során rögzített szív működési értékeket használtam, ugyanis korábbi megállapítások szerint az állatok embertől való félelmének mértéke nem feltétlenül függ össze a fiziológiai stresszreakciókkal, amennyiben ezt az ember jelenlétében határozzuk meg (*Munksgaard és mtsai*, 1997 és 2001).

### 3.1.1.5. A bélsár kortizolkoncentrációja

Naponta két alkalommal gyűjtöttem bélsármintákat a rectumból, minden vizsgálati állattól (tejelő tehenek), a nórápi és a jászapáti telepek kivételével minden gazdaságban. Az Ödön majorban gyűjtött minták közül csak a tavasszal gyűjtötteket használtam az elemzéshez. A tehenészetek fejési időpontjaihoz alkalmazkodva ez reggel 7:30 és 9:00 között a műszerek rögzítését követően, míg este 20:15 és 22:30 között, a mérések végeztével történt. József majorban, a fejőrobot üzemelésekor a többi tehenészetben követett mintavételi időszakokhoz igazodva erre az istállóban került sor. Az esti mintavételeknél álló testhelyzetű állatokat közelítettem meg, hogy az állatok napi ritmusát, pihenéssel töltött idejét és a nyugalmi szív működési értékeket ne befolyásoljam a mintavétellel. A mintákat műanyag tasakokba tettem, majd további felhasználásig  $-20^{\circ}\text{C}$ -on fagyasztóban tároltam.

A kortizolmetabolitokat (*Palme és Möstl*, 1997; *Rumball és mtsai*, 2008) H3 (trícíalt) validált kortizol home made RIA módszerrel mértem a Szent István Egyetem Állatorvos-tudományi Kar Szülészei és Szaporodásbiológiai Tanszék Izotóp és Endokrinológiai Laboratóriumában. A bélsár extrahálásához kimértem 0,500 g bélsarat. Minden csőhöz 0,5 ml desztillált vizet adtam, majd 5 ml 80%-os metanolt pipettáztam hozzájuk, majd az egészet betettem multi-tube vortexbe. Ezt követően  $+4^{\circ}\text{C}$ -on való centrifugálás után ( $3000\text{ min}^{-1}$ , kb. 20 perc) a mintákat 30 percig  $-50^{\circ}\text{C}$ -on fagyasztottam, majd pipettával leszívtam 1 ml-t Eppendorf csőbe. Az assay-t *Wasser* (2000) leírása alapján készítettem. Az eredményeket ng/g-ban kaptam meg.

### 3.1.1.6. Statisztikai értékelés

A szív működési adatok értékelését az SPSS 18 (SPSS Inc., Chicago, IL) programcsomaggal végeztem. A HR és a HRV-paraméterek értékeinek szóráshomogenitását Levene's-teszttel értékeltem, majd a mutatók közötti korrelációt álló és fekvő testhelyzetekben Spearman-féle rangkorrelációval határoztam meg.

A különböző testhelyzetekben/tevékenységek mellett mért szív működési értékek közötti különbségek megállapítását szív működési paraméterenként a három kisebb (Nóráp, József major fejőház, József major fejőrobot) és a három nagyobb állatlétszámú (Ödön major, Csípőtelek, Jászapáti) tehenészetben külön-külön általános lineáris modellel (generalized linear model, GLM) határoztam meg. A modell megbízhatóságát az Omnibus-tesztel igazoltam. A skála paraméter becslése a 'Maximum Likelihood' módszerrel történt, a kovariáns mátrix becslése a modell alapján valósult meg. Az egyes testhelyzetek és tevékenységek (takarmányfelvétel, állás, állva kérődzés, fekvés, fekvve kérődzés), mint faktorok (kategóriaváltozók), a napi tejtermelés, mint kovariáns (fix hatás), a tehen, mint random hatás szerepelt a modellben. Az egyes HRV paraméterek voltak a függő változók. A modellben vizsgált hatásokat Wald  $\chi^2$  próbával értékeltem, 95%-os Wald konfidencia-intervallum alkalmazása mellett. A modell által becsült, az egyes kategóriaváltozók szerint megállapított átlagértékek közötti különbségeket páronkénti összehasonlításban a Bonferroni-féle post-hoc teszttel értékeltem. A szignifikancia-szint 0,05 volt.

A reggel és este gyűjtött bélsárminták kortizolkoncentrációjának szóráshomogenitását a Levene's-teszttel értékeltem. A bélsár kortizol szintek tehenészetek közötti, vérmérséklet- és EVF-csoportok közötti páronkénti összehasonlítását a nem parametrikus Tamhane-féle post-hoc teszttel végeztem. A szignifikancia-szint minden esetben 0,05 volt.

Az EVF és vérmérséklet csoportok varianciájának egyezőségét Levene's teszttel állapítottam meg. Az egyes csoportok HR- és HRV-értékeket a Kruskal-Wallis-teszttel hasonlítottam össze. A szignifikancia-szint 0,05 volt. Az EVF- és a vérmérsékletpontok összefüggését a napi leadott tej mennyiséggel (kg) Spearman-féle rangkorrelációval állapítottam meg.

A szív működés napszakosságát a HR, a HF-, az LF/HF- és az RRtri-mutatók esetében külön-külön a GLM módszerével értékeltem. A nap adott órái (0–24), mint faktorok, a tehen, mint random hatás szerepelt a modellben (mivel egy állatról több napos mérések álltak rendelkezésre). A HR és a HRV-paraméterek függő változóként szerepeltek a modellben. A nap minden órájában meghatározott nyugalmi szív működési értékek átlagértékei közötti különbségeket a Bonferroni-féle post-hoc teszttel hasonlítottam össze 0,05 szignifikancia-szinten. A szív működési mutatók évszakosságát a görbe alatti területek (GAT) módszerével értékeltem, 1:00–6:00, 7:00–12:00, 13:00–18:00 és 19:00–24:00 időintervallumokon. A nyáron és télen mért maximumértékeket és a görbe alatti területeket két mintás t-próbával hasonlítottam össze ezekben az időszakokban,  $P < 0,05$  szignifikancia szinten. A GAT számítását trapéz módszerrel végeztem, a területek alapját képező érték a HR- és a HRV-értékek 24 órás átlagai voltak.

### 3.1.2. Az 1. vizsgálat eredményei és azok értékelése

#### 3.1.2.1. Az értékelt R–R-szakaszok száma

A szív működés alapértékeinek vizsgálatában értékelt 5 perces R–R-intervallumok számát a **8. és a 9. táblázatban** ismertetem.

**8. táblázat:** A szívműködés alapértékeinek meghatározásához elemzett R–R-távolságok összesítése a 283 vizsgálati állat esetében

Tehenészet		Értékelt 5 perces R–R-szakaszok száma (összesen, egyenként: átlag±SD, szélsőértékek)					
		Takarmány- felvétel	Állás	Állva kérődzés	Fekvés	Fekve kérődzés	Σ
Ödön major	Σ	251	170	183	430	168	1202
	/állat	4,6±2,1 (2–7)	3,1±0,9 (2–5)	3,3±1,1 (2–6)	7,8±3,4 (4–10)	3,1±0,6 (2–4)	21,9±5,2 (14–27)
József major, fejőház	Σ	90	73	103	125	66	457
	/állat	3,3±0,4 (3–5)	2,7±0,6 (1–4)	3,8±1,2 (2–5)	4,6±1,8 (2–6)	2,4±0,2 (2–3)	16,9±3,0 (11–21)
József major, fejőrobot	Σ	167	86	120	179	92	644
	/állat	7,0±1,4 (4–10)	3,6±1,0 (2–5)	5,0±1,2 (3–7)	7,5±2,9 (4–12)	3,8±1,2 (2–8)	26,9±5,8 (17–35)
Jászapáti	Σ	131	110	102	168	110	621
	/állat	3,6±0,5 (2–6)	3,1±1,1 (1–6)	2,8±0,6 (2–4)	4,7±2 (2–7)	3,1±0,8 (1–5)	17,3±3,3 (12–23)
Nóráp	Σ	157	72	110	175	70	584
	/állat	3,7±0,7 (2–7)	1,7±0,3 (1–3)	2,6±0,5 (1–4)	4,1±0,7 (2–5)	1,6±0,3 (1–3)	13,6±2,9 (9–17)
Csípőtelek	Σ	372	262	270	388	346	1638
	/állat	6,4±1,1 (3–9)	4,5±0,8 (3–7)	4,7±0,6 (3–6)	6,7±1,5 (4–14)	6,0±1,9 (2–10)	27,4±4,6 (20–42)
Σ	Σ	1168	773	888	1465	852	5146
	/állat	4,1±0,3 (2–10)	2,7±0,4 (1–7)	3,1±0,3 (1–7)	5,2±1,1 (2–14)	3,0±0,3 (1–10)	18,2±2,2 (11–42)

**9. táblázat:** A szív működés napszakosságának és évszakosságának értékelése során felhasznált R–R-távolságok összesítése (átlag±SD, szélsőértékek)

Vizsgálati időszak, vizsgált állatok		Vizsgált időtartam (óra)	Értékelt 5 perces R–R-szakaszok száma
Tél (n=34)	Σ	3101	74424
	/állat	91,2±13,5 (67–122)	2188,8±324 (1608–2928)
Nyár (n=30)	Σ	3590	86170
	/állat	105,6±16,3 (74–157)	2534,4±391,2 (1776–3768)
Σ	Σ	6691	160594
	/állat	196,8±11,8 (67–157)	4723,2±267 (1608–3768)

### 3.1.2.2. A szív működési mutatók közötti korreláció

A HRV-mutatók közötti összefüggéseket az **4. és 5. sz. melléklet** ismerteti. A HR egyedül az  $L_{MAX}$ -paraméterrel mutatott közepesen szoros korrelációt, állás közben ( $r_{rang}=0,55$ ,  $P<0,01$ ). A fekvés közben mért HR hasonlóan *Hagen és munkatársai* (2005) eredményeihez, az R–R-távolságok időbeli rendezetlenségét leíró nem lineáris mutatókkal (Shannon entropy, DFA1, DFA2) és a patológiás stresszt jelző %DET-paraméterrel (*Mohr és mtsai*, 2002a) közepesen erős, pozitív összefüggésben állt ( $r_{rang}=0,27–0,40$ ,  $P<0,01$ , minden kapcsolat esetében).

Az R–R-távolságok rövidtávú változékonyságát leíró RMSSD-jelzőszám a HRV geometriai indexeivel (RRtri, TINN) álló ( $r_{rang}=0,54$ ;  $r_{rang}=0,74$ , sorrendben,  $P<0,01$ , mindkét mutató esetében) és fekvő ( $r_{rang}=0,62$ ;  $r_{rang}=0,72$ , sorrendben,  $P<0,01$ , mindkét mutató esetében) testhelyzetben is közepesen erős, pozitív összefüggést mutatott. Mivel a TINN és a paraszimpatikus aktivitást jelző HF között is szoros összefüggést tapasztaltam (állás:  $r_{rang}=0,71$ , fekvés:  $r_{rang}=0,74$ ,  $P<0,01$ , mindkét esetben), így elmondható, hogy e geometriai jelzőszám alkalmas lehet a vágusz aktivitásának meghatározására. Mivel – az RMSSD-hez hasonlóan – a TINN a szív működés rövidtávú változékonyságát írja le, így, megfelelő lehet a vágusz tónus becslésére olyan esetekben, amikor nincs lehetőség 5 perces szakaszokat kijelölni a HRV elemzéséhez, amely a frekvenciatartományban számított mutatók esetében feltétele lenne a pontos értékelésnek (*Task Force*, 1996; *von Borell és mtsai*, 2007).

Kiemelendő, hogy az RMSSD a HF-mutatóval állás, és – korábbi, tejlő szarvasmarhákön végzett vizsgálatok eredményeivel összhangban (*Mohr és mtsai*, 2002a; *Hagen és mtsai*, 2005) – fekvés során mérve is erős pozitív korrelációban áll. Ez megerősíti azt a humán vizsgálatokban korábban leírt tény, hogy az RMSSD alkalmas a vágusz tónus reprezentálására (*Kleiger és mtsai*, 1992; *Kautzner és mtsai*, 1995; *Kleiger és mtsai*, 1995), amelyet azóta borjak (*Després és mtsai*, 2002) és tehének szív működésének vizsgálata is alátámasztott (*Gygax és mtsai*, 2008). Még érdekesebb, és módszertanilag talán a leginkább hangsúlyos, hogy az RMSSD az SD1 Poincaré-mutatóval a fekvő és az álló nyugalmi értékek meghatározásakor egyaránt helyettesíthető (állás:  $r_{rang}=1,00$ , fekvés:  $r_{rang}=1,00$ ,  $P<0,001$ , mindkét esetben). Ez összhangban van egy humán vizsgálat eredményeivel is (*Guzik és mtsai*, 2007).

Az SD1-mutató erős pozitív összefüggést mutatott a HF-paraméterrel (állás:  $r_{\text{rang}}=0,83$ , fekvés:  $r_{\text{rang}}=0,85$ ,  $P<0,001$ , mindkét esetben), amely megerősíti *Minero és munkatársai* (2001) korábbi eredményét, amely szerint az SD1 üszök és tehenek paraszimpatikus idegrendszeri aktivitásának pontos jelzőjeként használható. Mindezekből arra következtethetünk, hogy mivel a HRV spektrális jelzőszámai érzékenyek az R–R-görbe hibáira (*Seely és Macklem*, 2004; *Piskorski és Guzik*, 2005), olyan esetekben, amikor mérési eredményeink sok hibával terheltek, hasznosabb lehet az SD1 használata, amely értékét kevésbé befolyásolják a hibás jelszakaszok (*Guzik és mtsai*, 2006).

Az RQA nem lineáris mutatóinak (%REC, %DET és Shannon entropy) értékei *Hagen és munkatársai* (2005) tanulmányával összhangban szoros összefüggésben állnak egymással, ami fekvés közben kifejezettebb ( $r_{\text{rang}}=0,81-0,89$ ,  $P<0,001$ , mindhárom mutató esetében), mint álló testhelyzetben ( $r_{\text{rang}}=0,73-0,81$ ,  $P<0,001$ , mindhárom mutató esetében).

Vizsgálatomban a nem lineáris mutatók nem állnak különösebben szoros korrelációban az RMSSD- és a HF-mutatókkal. Ez ellentmond korábbi, patkányokon leírt kutatási eredményeknek, amelyek szerint a HRV nem lineáris összetevői a paraszimpatikus tónus aktivitására utalnak (*Dabiré és mtsai*, 1998; *González és mtsai*, 2000). Az  $L_{\text{MAX}}$ - és a HRV rövidtávú diszharmóniáját leíró DFA1-mutatók a szimpatikus tónus spektrális mutatóival pozitív, míg a vágusz mutatóival negatív összefüggést mutattak.

### 3.1.2.3. A testhelyzet, a tevékenység és a telep hatása

Az öt tehenészetben felvett HR- és HRV-értékeket testhelyzetek és tevékenységek szerint a **10.** és a **11. táblázat** mutatják be. Várakozásaimnak megfelelően, az álló testhelyzetben mért HR és a szimpatoparaszimpatikus egyensúly mutatója (LF/HF) mind a kisebb, mind a nagyobb állatlétszámú telepeken nagyobb volt, mint a fekvő testhelyzetben mért értékek (**10.** és **11. táblázat**). Ezzel párhuzamosan a paraszimpatikus aktivitás jelzőszámai (RMSSD, HF, SD1) kisebbek voltak állás közben mérve. Eredményeim *Hagen és munkatársai* (2005) megállapításával összhangban azt mutatják, hogy az állás okozta fizikai aktivitás kimutatható a HRV jelzőszámaival, sőt, jelen vizsgálatban a szívritmussal is. Vizsgálatomban ez a különbség minden telepen megfigyelhető volt, és a HR, illetve a spektrális HRV-mutatók (HF, LF/HF) esetében volt a leginkább kifejezett.

A fekvés során mért, az állással összehasonlítva magasabb paraszimpatikus aktivitás arra enged következtetni, hogy az állatok fekvés közben nyugodtabbak, illetve fizikai aktivitásuk csekélyebb. Mivel ezek a különbségek kérődzés során is megmaradnak, alátámaszthatják azt a megállapítást, amely szerint a tehenek szívesebben kérődznek fekvő, mint álló testhelyzetben (*Phillips és Leaver*, 1986; *Cooper és mtsai*, 2007). Még érdekesebb, – és a **10.** és a **11. táblázat**okból nyomon követhető – hogy a HR és az LF/HF értékei a fekvéstől a takarmányfelvétel irányába minden vizsgált tehenészetben nőttek, míg a vágusz jelzőszámai éppen fordítva, csökkentek. Mivel e leíró vizsgálatomban a mozgási aktivitásból adódó a szív működésben is jelentkező hatásokat igyekeztem kiszűrni (a HRV-értékeket fekvő, illetve álló testhelyzetekben vettem fel), így e különbségek feltételezhetően az állatok állás közbeni fizikai (aktív izommunka) aktivitásából adódtak. A takarmányfelvétel közbeni fokozott szimpatikus aktivitás a rágás következménye lehet.

Jól átható, hogy a fekvő kérődzés közben mért HR mind a hat telepen szignifikánsan nagyobb volt (**10.** és **11. táblázat**), mint fekvés közben mérve. Állás közben ezek a különbségek elhanyagolhatóak voltak. A kérődzés okozta változás leginkább a szarvasmarhák stresszvizsgálataiban

leggyakrabban alkalmazott spektrális mutatók esetében volt szembetűnő. A HF értékei a kisebb állatlétszámú telepeken átlagosan 23,2 (47,2%), míg a nagyobb állatlétszámú telepeken 17,1 normálértékkel (49,3%) voltak kisebbek fekvés kérés közben, mint fekvés közben mérve. Állás közben mérve a HF értékei József majorban és Nórápon átlagosan 18,8%, míg Csípőtelken, Jászapátiban és Ödön majorban átlagosan 25,5%-kal voltak kisebbek. A kisebb állatlétszámú telepeken az LF/HF-mutató értékeiben a kérés fekvő testhelyzetben 215%-os, míg állás közben 23,6%-os növekedést okozott. Ezek a különbségek Csípőtelken, Jászapátiban és Ödön majorban fekvés közben átlagosan 141,3%-ot, míg állás közben 30,7%-ot tettek ki. A kérés okozta paraszimpatikus aktivitáscsökkenés az RMSSD és az SD1 jelzőszámokkal a kisebb állatlétszámú telepeken és Csípőtelken volt statisztikailag is alátámasztható ( $P < 0,05$ ) (10. táblázat).

**10. táblázat:** A két kisebb állatlétszámú tehenészetben mért szív működési értékek (átlag $\pm$ SD)

Testhelyzet/ tevékenység	HR (min <sup>-1</sup> )	RMSSD (ms)	HF (n.u.)	LF/HF	SD1 (ms)
József major, fejőház					
fekvés	64,4 $\pm$ 2,7 <sup>Aa</sup>	17,5 $\pm$ 2,8 <sup>A</sup>	44,6 $\pm$ 8,3 <sup>A</sup>	1,5 $\pm$ 0,3 <sup>A</sup>	12,4 $\pm$ 1,7 <sup>A</sup>
fekvés kérés	67,9 $\pm$ 2,9 <sup>Ab</sup>	12,0 $\pm$ 2,4 <sup>Ba</sup>	29,7 $\pm$ 6,1 <sup>Ba</sup>	3,2 $\pm$ 0,9 <sup>B</sup>	8,5 $\pm$ 1,2 <sup>B</sup>
állás	71,3 $\pm$ 2,9 <sup>Ac</sup>	13,1 $\pm$ 2,5 <sup>Ba</sup>	24,6 $\pm$ 5,8 <sup>Ba</sup>	5,1 $\pm$ 1,6 <sup>B</sup>	9,3 $\pm$ 1,6 <sup>B</sup>
állva kérés	72,3 $\pm$ 2,8 <sup>Ac</sup>	9,2 $\pm$ 1,5 <sup>Bb</sup>	20,4 $\pm$ 4,2 <sup>Bb</sup>	5,5 $\pm$ 1,5 <sup>C</sup>	6,5 $\pm$ 1,0 <sup>Ca</sup>
takarmány- felvétel	80,7 $\pm$ 3,1 <sup>Bd</sup>	6,8 $\pm$ 1,3 <sup>C</sup>	12,9 $\pm$ 2,9 <sup>C</sup>	11,9 $\pm$ 2,2 <sup>D</sup>	4,8 $\pm$ 0,8 <sup>Cb</sup>
József major, fejőrobot					
fekvés	64,5 $\pm$ 2,5 <sup>Aa</sup>	30,1 $\pm$ 3,5 <sup>A</sup>	53,9 $\pm$ 10,2 <sup>A</sup>	1,2 $\pm$ 0,2 <sup>A</sup>	21,3 $\pm$ 5,5 <sup>A</sup>
fekvés kérés	69,1 $\pm$ 2,7 <sup>Ab</sup>	26,8 $\pm$ 3,2 <sup>A</sup>	33,7 $\pm$ 7,2 <sup>B</sup>	4,2 $\pm$ 1,1 <sup>Ba</sup>	20,4 $\pm$ 4,9 <sup>A</sup>
állás	71,5 $\pm$ 2,8 <sup>Ac</sup>	18,7 $\pm$ 2,6 <sup>C</sup>	18,1 $\pm$ 5,2 <sup>Ca</sup>	6,6 $\pm$ 1,2 <sup>Bb</sup>	13,3 $\pm$ 3,1 <sup>Ba</sup>
állva kérés	73,2 $\pm$ 2,8 <sup>Bc</sup>	17,6 $\pm$ 2,4 <sup>C</sup>	14,4 $\pm$ 3,7 <sup>Cb</sup>	8,6 $\pm$ 1,4 <sup>C</sup>	12,5 $\pm$ 2,9 <sup>Ba</sup>
takarmány- felvétel	80,1 $\pm$ 3,3 <sup>Bd</sup>	12,4 $\pm$ 1,9 <sup>D</sup>	6,0 $\pm$ 1,7 <sup>D</sup>	19,7 $\pm$ 3,6 <sup>D</sup>	8,8 $\pm$ 2,2 <sup>Bb</sup>
Nóráp					
fekvés	65,7 $\pm$ 2,6 <sup>Aa</sup>	20,8 $\pm$ 2,5 <sup>Aa</sup>	42,5 $\pm$ 8,9 <sup>A</sup>	1,6 $\pm$ 0,5 <sup>A</sup>	14,8 $\pm$ 2,7 <sup>Aa</sup>
fekvés kérés	71,5 $\pm$ 2,4 <sup>AB</sup>	16,5 $\pm$ 2,8 <sup>ABb</sup>	15,5 $\pm$ 4,6 <sup>BCa</sup>	6,9 $\pm$ 1,6 <sup>B</sup>	11,7 $\pm$ 2,4 <sup>ABb</sup>
állás	73,9 $\pm$ 2,7 <sup>ABb</sup>	16,6 $\pm$ 2,5 <sup>ABb</sup>	15,4 $\pm$ 4,4 <sup>BCa</sup>	7,2 $\pm$ 2,1 <sup>BCa</sup>	10,8 $\pm$ 2,3 <sup>ABb</sup>
állva kérés	75,2 $\pm$ 2,8 <sup>AB</sup>	14,9 $\pm$ 2,3 <sup>ABb</sup>	12,3 $\pm$ 4,0 <sup>BCb</sup>	10,8 $\pm$ 2,4 <sup>Cb</sup>	9,1 $\pm$ 1,9 <sup>ABb</sup>
takarmány- felvétel	76,2 $\pm$ 2,8 <sup>Bc</sup>	11,3 $\pm$ 1,9 <sup>Bc</sup>	9,3 $\pm$ 3,9 <sup>Cc</sup>	17,1 $\pm$ 3,3 <sup>D</sup>	8,0 $\pm$ 1,8 <sup>B</sup>

Szignifikáns különbség a testhelyzetek/tevékenységek között az egyes telepeken: <sup>abcd</sup> $P < 0,05$ ; <sup>ABCD</sup> $P < 0,01$ .



**11. táblázat:** A három nagyobb állatlétszámú tehenészetben mért szív működési értékek (átlag±SD)

Testhelyzet/ tevékenység	HR (min <sup>-1</sup> )	RMSSD (ms)	HF (n.u.)	LF/HF	SD1 (ms)
Csípőtelek					
fekvés	72,7±2,3 <sup>Aa</sup>	11,0±1,4 <sup>Aa</sup>	34,6±6,1 <sup>A</sup>	2,3±0,5 <sup>A</sup>	7,8±1,5 <sup>Aa</sup>
fekve kérérdzés	78,9±2,4 <sup>ABb</sup>	8,7±1,2 <sup>ABb</sup>	17,0±4,6 <sup>Ba</sup>	5,8±0,9 <sup>B</sup>	6,2±1,3 <sup>Ab</sup>
állás	81,5±3,5 <sup>ABb</sup>	7,4±1,0 <sup>Bc</sup>	14,4±3,7 <sup>BCb</sup>	6,9±1,1 <sup>BCa</sup>	5,3±1,2 <sup>ABc</sup>
állva kérérdzés	82,7±3,5 <sup>Bb</sup>	7,1±1,0 <sup>Bc</sup>	10,5±2,4 <sup>C</sup>	10,7±1,4 <sup>Cb</sup>	5,2±1,2 <sup>ABc</sup>
takarmány- felvétel	87,6±4,1 <sup>BCc</sup>	5,7±0,8 <sup>C</sup>	5,5±1,7 <sup>D</sup>	21,1±2,7 <sup>D</sup>	4,1±1,1 <sup>Bd</sup>
Jászapáti					
fekvés	73,8±2,6 <sup>Aa</sup>	11,0±2,2 <sup>Aa</sup>	34,5±6,6 <sup>A</sup>	2,2±0,6 <sup>A</sup>	7,8±2,1 <sup>Aa</sup>
fekve kérérdzés	78,5±3,3 <sup>Ab</sup>	9,1±2,0 <sup>Ab</sup>	17,8±5,0 <sup>Ba</sup>	5,6±1,2 <sup>Ba</sup>	7,2±1,9 <sup>Ab</sup>
állás	81,6±3,8 <sup>Ab</sup>	8,4±1,6 <sup>Ab</sup>	15,5±4,8 <sup>Ba</sup>	7,1±1,5 <sup>Bb</sup>	5,9±1,4 <sup>Ab</sup>
állva kérérdzés	81,2±3,7 <sup>Ab</sup>	7,0±1,5 <sup>Ac</sup>	11,3±3,6 <sup>Bb</sup>	9,9±2,3 <sup>Bc</sup>	5,7±1,4 <sup>ABb</sup>
takarmány- felvétel	85,5±3,7 <sup>B</sup>	5,1±1,5 <sup>Ad</sup>	6,6±2,4 <sup>C</sup>	19,6±3,2 <sup>C</sup>	5,3±1,3 <sup>B</sup>
Ödön major					
fekvés	77,0±3,5 <sup>Aa</sup>	19,0±4,0 <sup>a</sup>	33,9±6,5 <sup>A</sup>	2,4±0,7 <sup>A</sup>	14,3±3,5 <sup>Aa</sup>
fekve kérérdzés	81,4±3,9 <sup>ABb</sup>	18,3±4,3 <sup>a</sup>	19,8±4,8 <sup>B</sup>	6,3±1,1 <sup>B</sup>	11,3±3,1 <sup>ABb</sup>
állás	83,7±4,1 <sup>ABb</sup>	15,6±3,4 <sup>a</sup>	17,0±4,2 <sup>Ba</sup>	9,0±2,0 <sup>Ca</sup>	10,8±2,9 <sup>ABb</sup>
állva kérérdzés	84,1±4,1 <sup>ABb</sup>	14,1±3,0 <sup>b</sup>	13,2±3,7 <sup>BCb</sup>	12,6±2,9 <sup>Cb</sup>	10,4±2,7 <sup>ABb</sup>
takarmány- felvétel	88,9±4,3 <sup>Bc</sup>	13,5±3,1 <sup>c</sup>	10,9±2,9 <sup>Cc</sup>	18,5±3,5 <sup>D</sup>	9,5±3,5 <sup>B</sup>

Szignifikáns különbség a testhelyzetek/tevékenységek között az egyes telepeken: <sup>abcd</sup>P<0,05; <sup>ABCD</sup>P<0,01.

Mindezek alapján elmondható, hogy a kérérdzés a testhelyzet változatlansága mellett mind állás, mind fekvés közben a HR növekedése mellett a paraszimpatikus tónus csökkenésével és ezzel párhuzamosan a szimpatoparaszimpatikus egyensúly szimpatikus irányba való erőteljes elmozdulásával jár, amelyet korábban még nem írtak le. A testhelyzet és a kérérdzés szív működési értékekre gyakorolt hatása módszertani szempontból kiemelkedő jelentőségű. Eredményeim különösen olyan vizsgálatok módszertanához adhatnak segítséget, amelyek a HR és a HRV meghatározásával bizonyos környezeti/technológiai ingerek stresszélettani hatásait vizsgálják az inger fennállása alatt mért szív működési értékeket egy korábbi, nyugalmi értékhez hasonlítva. Korábbi tanulmányokban ugyanis nem tettek különbséget fekvés és fekvés kérérdzés között a nyugalmi HR- és HRV-értékek meghatározásakor (*Hagen és mtsai, 2005; Gyax és mtsai, 2008*). A fekvés és állás között tapasztalt szív működési különbségek alapján az is javasolható, hogy a nyugalmi értékeket a vizsgált esemény alatt megfigyelt testhelyzetben célszerű felvenni (pl. fejtés: állás közbeni nyugalmi érték).

A fejési rendszerek állatjóléti vonatkozásait értékelő kutatócsoportok (*Hopster és mtsai, 2002; Gygax és mtsai, 2008*) fejés közbeni HR-t 10 szívverés/perc értékkel nagyobbak találtak, mint fekvő testhelyzetben történő pihenés közben, és ebből a fejés stresszt okozó hatásaira következtettek, véleményem szerint hibásan. Eredményeim alapján önmagában az állás – egyéb aktivitás nélkül is – a kisebb állatlétszámú tehenészetekben 7,3 szívverés/perc, míg a nagyobb állatlétszámú telepeken 6,3 szívverés/perc értékkel növeli a HR-t. Amennyiben megfelelő méretű és komfortos pihenőhely áll az állatok rendelkezésére, a tehenek szívesebben fekszenek (*Tucker és mtsai, 2004b; Drissler és mtsai, 2005*), ezért a nyugodt, álló testhelyzetben történő adatfelvétel lehetősége nem minden vizsgálati állat esetében biztosított. Mindezek alapján a fejés okozta HRV változások pontos értékeléséhez egy hosszabb (reggeltől estig tartó, vagy akár több napos) vizsgálati időszak beiktatása, és a nyugodt állás közbeni HRV-értékek, mint alapértékek felhasználása javasolható. A kapott eredmények alapján követelmény lenne, hogy a fejés közben kérődző állatok esetében a nyugalmi HRV-értékeket állva kérődés során vegyük fel.

A telepek közti különbségeket csak a fekvés közben mért, nyugalmi HRV-értékek tekintetében értékeltem, annak érdekében, hogy minél kisebbre tudjam csökkenteni a kérődésből és állásból adódó hatásokat. A kisebb állatlétszámú telepeken mért HR-értékekben nem találtam különbséget a tehenészetek között (**12. táblázat**). Igen érdekes azonban, hogy a fejőrobot üzemelésekor a paraszimpatikus aktivitás jelzőszámai (RMSSD, HF, SD1) statisztikailag igazolhatóan nagyobbak voltak ( $P < 0,01$ , mindhárom paraméter esetében) mind a fejőházi időszakban felvett, mind pedig a Nórápon regisztrált értékeknél (**12. táblázat**). Ezzel párhuzamosan az LF/HF értéke kisebb volt a fejőrobot üzembe helyezése utáni időszakban, József majorban ( $P < 0,05$ , a fejőházban töltött időszakkal és Nóráppal összehasonlítva, egyaránt).

**12. táblázat:** A fekvő testhelyzetben mért szív működési értékek (átlag $\pm$ SD) tehenészetek szerint

Tehenészet	HR (min <sup>-1</sup> )	RMSSD (ms)	HF (n.u.)	LF/HF	SD1 (ms)
József major, fejőház	64,4 $\pm$ 2,7 <sup>A</sup>	17,5 $\pm$ 2,8 <sup>A</sup>	44,6 $\pm$ 8,3 <sup>A</sup>	1,5 $\pm$ 0,3 <sup>Aa</sup>	12,4 $\pm$ 1,7 <sup>A</sup>
József major, fejőrobot	64,5 $\pm$ 2,5 <sup>A</sup>	30,1 $\pm$ 3,5 <sup>B</sup>	53,9 $\pm$ 10,2 <sup>B</sup>	1,2 $\pm$ 0,2 <sup>Ab</sup>	21,3 $\pm$ 5,5 <sup>Ba</sup>
Nóráp	65,7 $\pm$ 2,6 <sup>A</sup>	20,8 $\pm$ 2,5 <sup>A</sup>	42,5 $\pm$ 8,9 <sup>A</sup>	1,6 $\pm$ 0,5 <sup>Aa</sup>	14,8 $\pm$ 2,7 <sup>ABb</sup>
Csípőtelek	72,7 $\pm$ 2,3 <sup>ABa</sup>	11,0 $\pm$ 1,4 <sup>C</sup>	34,6 $\pm$ 6,1 <sup>C</sup>	2,3 $\pm$ 0,5 <sup>B</sup>	7,8 $\pm$ 1,5 <sup>Ac</sup>
Jászapáti	73,8 $\pm$ 2,6 <sup>Ba</sup>	11,0 $\pm$ 2,2 <sup>C</sup>	34,5 $\pm$ 6,6 <sup>C</sup>	2,2 $\pm$ 0,6 <sup>B</sup>	7,8 $\pm$ 2,1 <sup>Ac</sup>
Ödön major	77,0 $\pm$ 3,5 <sup>Bb</sup>	19,0 $\pm$ 4,0 <sup>A</sup>	33,9 $\pm$ 6,5 <sup>C</sup>	2,4 $\pm$ 0,7 <sup>B</sup>	14,3 $\pm$ 3,5 <sup>Bb</sup>

Szignifikáns különbség a testhelyzetek/tevékenységek között az egyes telepeken: <sup>abc</sup> $P < 0,05$ ; <sup>ABC</sup> $P < 0,01$ .

Eredményeim alapján úgy tűnik, hogy a Nórápon, illetve József majorban, az első vizsgálati időszakban üzemelő hagyományos fejőházi fejésnek hosszabb távon is kimutatható hatása van az állatok vegetatív idegrendszeri tónusára. Ez a különbség feltehetően arra vezethető vissza, hogy a fejőházi fejéssel járó állatmozgató, az elővárározóban való zsúfolódás, az emberekkel (felhajtó,

fejő) való, nem mindig zökkenőmentes érintkezés hosszútávú vegetatív idegrendszeri hatással bír, szemben a robotfejéssel. Egy másik magyarázata lehet eredményeinknek, hogy míg a hagyományos fejési rendszerben József majorban és a nórápi gazdaságban az állatokat meghatározott időszakokban (reggel és este) hajtották fejni, addig a fejőrobot üzemelésekor, József majorban saját napi ritmusuknak megfelelően kereshették fel a fejőrobotot, így a fekvési időszakok is nagyobb nyugalomban telhettek, az állatok által megválasztott napszakban és időben. Megfigyeléseim is ezt támasztják alá, ugyanis az állatok a fejőrobotot a késődélutáni időszakon kívül (amely nagyjából egybe esett a hagyományos fejési rendszerek esetében a fejés időpontjával) a korahajnali órákban (00:00 és 03:00 között) látogatták szívesen, és a reggeli, délelőtti időszakot töltötték pihenéssel.

A tartástechnológiájában hasonló, nagy állománylétszámú tehenészetekben sem a HR-ben, sem a HRV frekvenciatartományban számított paramétereiben nem volt számottevő különbség (**12. táblázat**). Az RMSSD és az SD1 paraszimpatikus tónust jelző mutatók Ödön majorban szignifikánsan nagyobbak voltak, mint a másik két tehenészetben ( $P < 0,01$ ), amely feltehetően abból adódik, hogy Jászapátiban és Csípőtelken naponta háromszor fejték az állatokat, míg Ödön majorban csak kétszer, ezáltal pihenésük is folyamatosabb lehetett.

A kisebb állatlétszámú tehenészetekben a fekvő testhelyzetben mért HR- és LF/HF-értékek kisebbek, míg az RMSSD és a HF értékei nagyobbak voltak, mint a nagyobb állatlétszámú tehenészetekben ( $P < 0,01$ , minden telep és mind a négy paraméter esetében). E különbségek valószínűleg a fejés gyakoriságában és az állatok különböző termelési szintjeiben keresendők, azonban a dolgozatnak nem célja e tényezők feltételezett hatásainak értékelése. A kisebb és nagyobb állatlétszámú telepek közötti nyugalmi értékekben tapasztalt nagy különbségek mindenestre rámutatnak, hogy bár létezhet fajtára jellemző 'HRV-profil', ilyen alapértékeket mégsem tudunk általánosan leírni, ugyanis minden tehenészetben más-más értékek lehetnek jellemzőek.

#### 3.1.2.4. A bélsár kortizolkoncentrációk

Különböző tartástechnológiákban jelentkező krónikus stresszállapotok összehasonlítására a bélsár kortizolszint alkalmas, továbbá a krónikus hatások értékelésére megfelelő lehet a napi kétszeri mintavételezés (*Möstl és Palme, 2002*). A három tehenészetben gyűjtött bélsárminták reggeli és esti kortizolkoncentrációját a **13. táblázat**ban mutatom be.

**13. táblázat:** A bélsár kortizolkoncentrációja (átlag $\pm$ SD) a három vizsgált telepen

Tehenészet	Bélsár kortizolkoncentráció (ng/g)		
	n	Reggel	Este
Ödön major	28	48,3 $\pm$ 12,2 <sup>B</sup>	47,6 $\pm$ 15,7 <sup>B</sup>
József major, fejőház	27	50,4 $\pm$ 14,0 <sup>B</sup>	53,0 $\pm$ 18,7 <sup>Ba</sup>
József major, fejőrobot	24	20,2 $\pm$ 6,8 <sup>A</sup>	19,7 $\pm$ 6,9 <sup>A</sup>
Csípőtelek	58	46,4 $\pm$ 9,8 <sup>B</sup>	41,8 $\pm$ 9,2 <sup>Bb</sup>

A leíró statisztika a bélsár kortizolkoncentrációk nem transzformált értékein alapul. A különböző betűk szignifikáns különbséget jeleznek a tehenészetek között: <sup>ab</sup> $P < 0,05$ ; <sup>AB</sup> $P < 0,01$ .

A bélsár reggeli kortizolkoncentrációjának értékei hasonlóak voltak a hagyományos fejési rendszerek esetében, bár a Csípőtelken és a József majori fejőházi időszakban este gyűjtött minták kortizolszintje között szignifikáns eltérést találtam ( $P < 0,05$ ).

E különbség feltehetően a tartás és fejéstechnológiából adódó eltérésekre vezethető vissza. Az istállók pihenőbokszaik kihasználtsága a vizsgálatok idején mindkét telepen hasonló volt (80–85%), így az egy állatra jutó pihenő- és etetőtér, illetve ezek korlátozottsága nem befolyásolhatta eredményeimet. Azonban, míg Csípőtelken kényelmes, homokkal almozott pihenőbokszokban, addig József majorban almozás nélküli, hideg és kemény gumiszőnyegen feküdtek az állatok. Eredményeim a karusszeles fejés és a telepen alkalmazott tartástechnológiai és menedzsmentbeli megoldások (pl. az etetőasztalnál nyakfogós rögzítéssel végzett szaporodásbiológiai vizsgálatok) állatjóléti előnyeit mutatják, ugyanis egyesek szerint a tehen komfort index is azokban a tehenészetekben a legnagyobb, ahol kvarchomokot használnak alomként (*Cook és munkatársai (2005)*).

A vizsgálat legfontosabb eredménye, hogy – a fent említett tartástechnológiai hátrányosság (kényelmetlen, hideg pihenőboksza) ellenére – József majorban a fejőrobot működésének időszaka alatt gyűjtött bélsárminták kortizolkoncentrációinak átlagértékei a reggeli és az esti időszakban egyaránt kisebbek voltak, mint a két, hagyományos fejési rendszerben és a fejőrobot beüzemelése előtt, József majorban ( $P < 0,01$ , mindhárom fejési rendszerrel összehasonlítva). Ez azt igazolja, hogy az ember által irányított fejés és az állatok ezzel járó csoportos mozgatása olyan hosszútávú hatással van a HHM-tengely működésére, amely a bélsár kortizolszintben is megmutatkozik.

### 3.1.2.5. A vérmérséklet és a szív működés összefüggései

Az álló testhelyzetben meghatározott szív működési értékek közül csak a HR-ben volt statisztikailag kimutatható különbség ( $P < 0,05$ ) az egyes vérmérsékletcsoportok között (**14. táblázat**). Az ideges állatok szívritmusa nagyobb volt, mint az élénk vérmérsékletű és a nyugodt teheneké.

**14. táblázat:** Az állás során mért HR- és HRV-értékek (átlag $\pm$ SD) vérmérsékletcsoportok szerint

Vérmérséklet	HR (min <sup>-1</sup> )	RMSSD (ms)	HF (n.u.)	LF/HF	SD1 (ms)
Nyugodt (n=68)	76,6 $\pm$ 6,9 <sup>a</sup>	12,4 $\pm$ 13,3	15,6 $\pm$ 7,7	8,1 $\pm$ 7,2	8,7 $\pm$ 9,4
Élénk (n=86)	75,8 $\pm$ 7,8 <sup>a</sup>	13,0 $\pm$ 10,2	18,2 $\pm$ 10,6	6,3 $\pm$ 5,8	9,2 $\pm$ 7,2
Ideges (n=89)	81,2 $\pm$ 7,8 <sup>b</sup>	12,2 $\pm$ 17,4	16,0 $\pm$ 10,3	7,8 $\pm$ 7,4	8,6 $\pm$ 12,3
Chi <sup>2</sup> -érték	47,11	7,19	6,08	5,85	7,22
P-érték	0,000	0,027	0,048	0,050	0,027

A leíró statisztika a szív működési mutatók nem transzformált értékein alapul. A különböző betűk szignifikáns különbséget jeleznek a vérmérsékletcsoportok között: <sup>ab</sup> $P < 0,05$ .

A fekvő testhelyzetben mért (**15. táblázat**), nyugalmi szív működési mutatók közül a HR – hasonlóan az álláshoz – az ideges állatok esetében szignifikánsan nagyobb volt, mint az élénk vérmérsékletű és a nyugodt állatok szívritmusa ( $P < 0,05$ , mindkét esetben). Eredményeim összhangban vannak *Sutherland és munkatársai (2012)* eredményeivel. A kutatók menekülési sebesség alapján

osztottak három csoportba tejelő teheneket, és hasonlóan saját vizsgálatomhoz, a temperamentumos állatok szívritmusát nagyobbak találták, mint a nyugodt tehenekét. A nyugodt és az élénk állatok szív működési értékeiben sem állás, sem fekvés során mérve nem tudtam különbséget kimutatni.

**15. táblázat:** A fekvés során mért HR- és HRV-értékek (átlag±SD) vérmérsékletcsoportok szerint

Vérmérséklet	HR (min <sup>-1</sup> )	RMSSD (ms)	HF (n.u.)	LF/HF	SD1 (ms)
Nyugodt (n=68)	70,7±7,6 <sup>a</sup>	16,9±10,8	40,2±11,6 <sup>A</sup>	2,1±0,9 <sup>a</sup>	14,0±5,6
Élénk (n=86)	71,6±7,6 <sup>a</sup>	19,2±10,8	38,6±10,7 <sup>A</sup>	2,1±0,7 <sup>a</sup>	11,7±5,7
Ideges (n=89)	77,2±7,1 <sup>b</sup>	15,2±10,6	30,1±9,7 <sup>B</sup>	2,9±1,1 <sup>b</sup>	10,7±4,5
Chi <sup>2</sup> -érték	41,70	34,85	16,86	15,47	35,86
P-érték	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

A leíró statisztika a szív működési mutatók nem transzformált értékein alapul. A különböző betűk szignifikáns különbséget jeleznek a vérmérsékletcsoportok között: <sup>ab</sup>P<0,05; <sup>AB</sup>P<0,01.

Saját vizsgálatomban a fekvés során mért frekvenciatartományban számított mutatók statisztikailag igazolhatóan különböztek a nyugodt és élénk, illetve az ideges vérmérsékletű állatok esetében. A HF értéke kisebb (P<0,01), míg az LF/HF értéke nagyobb volt (P<0,05) az ideges állatok esetében, mint a nyugodt és élénk vérmérsékletűeknél. Mindez azt jelenti, hogy az ideges állatok paraszimpatikus aktivitása kisebb, és – ezzel párhuzamosan – szimpatikus aktivitása nagyobb, mint nyugodtabb társaiké. Az RMSSD és az SD1 értékei nem különböztek szignifikánsan a csoportok között. *Sutherland és munkatársai* (2012) sem találtak különbséget az RMSSD értékeiben különböző vérmérsékletű tehenek között. Megjegyzendő azonban, hogy az új-zélandi kutatók vizsgálatának elsődleges célja nem a nyugalmi szív működési értékek és a vérmérséklet közötti kapcsolat leírása volt (a HRV értékeit fejtés előtt, illetve fejtés alatt vették fel, álló testhelyzetben). Az élénk vérmérsékletű és nyugodt egyedek esetében nem találtam különbséget egy HRV-mutatóban sem.

Vizsgálati eredményeim alapján kijelenthető, hogy a különböző vérmérsékletű állatokra elterő vegetatív idegrendszeri aktivitás jellemző, és ez a HRV jelzőszámaival a nyugodt és az ideges állatok között kimutatható. Vagyis, azok az állatok, amelyek hevesebben reagáltak a műszer felhelyezésének körülményeire (a lekötés, az ismeretlen személyek általi zavarás, a heveder megszorítása) alacsonyabb nyugalmi paraszimpatikus aktivitással jellemezhetők, mint azok a tehenek, amelyek reakciója kevésbé volt kifejezett. A különböző vérmérsékletű állatok vegetatív idegrendszeri aktivitásukban jelentkező hasonló különbségeket mások is leírtak (*Koolhaas és mtsai*, 2010).

A reggel és az este gyűjtött bélsárminták kortizolkoncentrációját egyaránt statisztikailag igazolhatóan (P<0,05) nagyobbak találtam az ideges állatok esetében nyugodt társaikkal összehasonlítva (**16. táblázat**). Az élénk vérmérsékletű tehenek bélsár kortizolértékei azonban nem különböztek egyik csoport értékeitől sem. A szakirodalmakat tanulmányozva nem találtam olyan munkát, amely a bélsár kortizolkoncentrációja és szarvasmarhák vérmérséklete közötti összefüggéseket értékelné. Az újabb vizsgálatok a vérplazma kortizolkoncentrációját az állatok általános viselkedési jellemzőivel (*Bristow és Holmes*, 2007) és a rövidtávú stresszválasz-készséggel kapcsolatban értékelték (*Negrao és mtsai*, 2004; *Szenci és mtsai*, 2011; *Mialon és mtsai*, 2012).

**16. táblázat:** A bélsár kortizolkoncentrációja (átlag±SD) vérmérsékletcsoportok szerint

Vérmérséklet	Bélsár kortizolkoncentráció (ng/g)		
	n	Reggel	Este
Nyugodt	42	42,2±15,9 <sup>a</sup>	42,1±14,4 <sup>a</sup>
Élénk	65	48,3±16,6 <sup>ab</sup>	47,7±16,9 <sup>ab</sup>
Ideges	53	50,6±16,5 <sup>b</sup>	49,5±18,0 <sup>b</sup>
Chi <sup>2</sup> -érték		74,18	51,44
P-érték		0,000	0,000

A leíró statisztika a bélsár kortizolkoncentrációk nem transzformált értékein alapul. A különböző betűk szignifikáns különbséget jeleznek a vérmérsékletcsoportok között: <sup>ab</sup>P<0,05.

A vérplazma nyugalmi kortizol szintje és a vérmérséklet közötti összefüggésekről korai (Crookshank és mtsai, 1979; Fordyce és mtsai, 1985) és újabb (Curley és mtsai, 2008; Cooke és mtsai, 2010) vizsgálatok is beszámoltak szarvasmarhákban és egyhangúan a nyugodt állatoknál állapítottak meg kisebb értékeket. Eredményeim nehezen összehasonlíthatók e szakirodalmakkal. Kísérleteim célja az volt, hogy a vérmérséklet, mint időben állandó egyedet jellemző mutató (Koolhaas és mtsai, 1999) hosszútávon jelentkező vegetatív idegrendszeri és hormonális vonatkozásait leírjam. Mivel a bélsár kortizolmetabolitok koncentrációja szarvasmarhákban a mintavétel előtt 10–12 órával felszabaduló kortizol mennyiségét mutatja (Möstl és Palme, 2002; Möstl és mtsai, 2002), így – e hosszú késési időnek köszönhetően – kevésbé érzékeny a hormontermelésben jelentkező rövidtávú fluktuációkra, mint a vér kortizolszintje. Továbbá szarvasmarhákban végzett vizsgálatban a vérplazmában mért kortizolszint varianciája tízszer magasabb volt, mint a bélsár glükokortikoidszint varianciája (Palme és mtsai, 2003). Ezen felül, a mintavétel mentes az akár a nyugalmi eredményeket is befolyásoló stressztől, amelyet gyakran a nem invazív vérvételi technikákkal sem tudunk csökkenteni (Fell és Shutt, 1986; Cook és mtsai, 1996).

A kapott eredmények azt jelzik, hogy a bélsár kortizolkoncentrációja összefüggésben áll a vérmérséklettel és az ideges tehének csoportjában nagyobb értékeket mutat, mint a nyugodt állatokban, alátámasztva, hogy a HHM-tengely aktivitása kihat az állatok viselkedésére (Moberg, 2000; Gupta és mtsai, 2004).

### 3.1.2.6. Az embertől való félelem élettani és termelési vonatkozásai

Az etetőasztalnál mért megközelíthetőség és az eközben tapasztalt viselkedési reakciók, illetve azok erőssége alapján csoportosított állatok nyugalmi HR- és HRV-értékeit a **17. táblázatban** ismertetem. Jól látható, hogy a nem félénk (kézzel megérinthető, a megérintés után a tesztet végző személytől el nem távolodó, azzal kapcsolatba lépő) állatok nyugalmi szívritmusa statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt, mint az igen félénk tehéneké (P<0,05).

Ha abból indulunk ki, hogy az agresszív viselkedési elemek inkább a nem félénk állatokra jellemzőek (Oortmerssen és Bakker, 1981; Benus és mtsai, 1987 és 1990), akkor elmondható, hogy eredményeim összhangban vannak Sgoifo és munkatársai (1997) korábbi vizsgálatával, amelyben

agresszív patkányok esetében nagyobb HR-t találtak kevésbé agresszív patkányokkal összehasonlítva (igaz, ebben a vizsgálatban az állatok szociális viselkedését értékelték). Az agresszivitás, féltőség, barátságosság továbbá igen összetett hatások eredőjeként jelentkezhet. Az embertől nem féltő, nem eltávolodó egyedek viselkedése nem feltétlenül utal arra, hogy ezek az állatok agresszívbabbak lennének az átlagnál. A tartózkodó és félénk állatok HR-értékei nem különböztek sem egymástól, sem a nem félénk, sem pedig az igen félénk csoport értékeitől. Az igen félénk állatok RMSSD-értékei mind a nem félénk, mind a tartózkodó tehenek értékeinél nagyobbak voltak ( $P < 0,05$ , mindkét esetben). Ez a különbség az SD1-mutató tekintetében csak a nem félénk és az igen félénk állatok között volt szignifikáns, szintén  $P < 0,05$  szinten. Mindkét paraméter az igen félénk állatok erősebb nyugalmi paraszimpatikus tónusáról árulkodik.

**17. táblázat:** A fekvés közben mért HR- és HRV-értékek (átlag $\pm$ SD) az EVF-csoportok szerint

EVF	HR (min <sup>-1</sup> )	RMSSD (ms)	HF (n.u.)	LF/HF	SD1 (ms)
Nem félénk (n=55)	75,6 $\pm$ 5,8 <sup>a</sup>	13,3 $\pm$ 6,8 <sup>a</sup>	29,4 $\pm$ 9,8 <sup>Aa</sup>	2,9 $\pm$ 1,2 <sup>Aa</sup>	10,1 $\pm$ 4,2 <sup>a</sup>
Tartózkodó (n=51)	72,8 $\pm$ 6,2 <sup>ab</sup>	14,8 $\pm$ 7,6 <sup>a</sup>	37,4 $\pm$ 12,2 <sup>Bb</sup>	2,4 $\pm$ 1,0 <sup>Aab</sup>	13,0 $\pm$ 6,5 <sup>ab</sup>
Félénk (n=64)	70,6 $\pm$ 6,6 <sup>ab</sup>	18,3 $\pm$ 9,0 <sup>ab</sup>	40,6 $\pm$ 13,2 <sup>Bb</sup>	2,3 $\pm$ 0,9 <sup>ABb</sup>	13,3 $\pm$ 6,2 <sup>ab</sup>
Igen félénk (n=66)	69,7 $\pm$ 7,2 <sup>b</sup>	21,7 $\pm$ 10,8 <sup>b</sup>	43,6 $\pm$ 14,4 <sup>B</sup>	1,9 $\pm$ 0,9 <sup>Bc</sup>	14,9 $\pm$ 7,1 <sup>b</sup>
Chi <sup>2</sup> -érték	32,31	32,93	35,44	39,22	28,72
P-érték	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

A leíró statisztika a szív működési mutatók nem transzformált értékein alapul. A különböző betűk szignifikáns különbséget jeleznek az EVF-csoportok között: <sup>abc</sup> $P < 0,05$ ; <sup>AB</sup> $P < 0,01$ . EVF: embertől való félelem.

Még nagyobb különbségeket találtam a HRV spektrális mutatóiban. A nem félénk állatok paraszimpatikus aktivitása kisebb (kisebb HF), szimpatoparaszimpatikus mutatója nagyobb volt (nagyobb LF/HF), mint a tesztet végző személy közeledését elkerülő (igen félénk) állatok hasonló értékei ( $P < 0,01$ , mindkét paraméter esetében). Az LF/HF hasonló mértékben különbözött a tartózkodó és az igen félénk állatok között (**17. táblázat**).

A vizsgálati napon leadott tej mennyisége és a vérmérsékletpontszámok között gyenge ( $r_{\text{rang}} = 0,257$ ,  $P < 0,01$ ), míg a leadott tej mennyisége és az EVF-pontszámok között elhanyagolható ( $r_{\text{rang}} = 0,068$ ,  $P < 0,01$ ) összefüggést állapítottam meg. A tejtermelést és az elkerülési viselkedést vizsgálva mások (Dickson és mtsai, 1970; Purcell és mtsai, 1988; Dodzi és Muchenje, 2011) sem találtak összefüggést tejelő szarvasmarhák esetében. A gondozóktól való félelem összefüggéseit az állatok jóllétével és egészségi állapotával számos kutató értékelte (Waiblinger és mtsai, 2003; Rousing és mtsai, 2006; Ndou és mtsai, 2011). Sok vizsgálatban megközelítési tesztek alkalmaztak (Breuer és mtsai, 2000), míg mások több hasonló paraméterrel igyekeztek jellemezni a farmer-szarvasmarha kapcsolatot (Cooke és mtsai, 2009; Dodzi és Muchenje, 2011). Rushen és munkatársai (1999) fejés alatt az állatokat korábban durván kezelő gondozó jelenlétében nagyobb HR-értékeket mértek, mint amikor az a gondozó tartózkodott a fejőházban, aki pozitívan viszonyult az állatokhoz. E korábbi vizsgálatok a szarvasmarha-gondozó viszony állatjólléti fontosságát helyezték előtérbe.

Többen leírták, hogy a durva bánásmód rontja az állatok jóllétét, termelését és kezelhetőségét (*Lensink és mtsai, 2003; Muchenje és mtsai, 2009*), de arra vonatkozóan nincs határozott elképzelés, hogy az állatok emberrel szembeni távolságtartása kizárólag a durva bánásmód következményeként alakulhat ki, vagy lehet egyedre jellemző tulajdonság is. Az elkerülési viselkedés neuroendokrin vonatkozásait patkányokban leírták, és azt találták, hogy az elkerülő viselkedésre szelektált egyedek magasabb nyugalmi paraszimpatikus aktivitással voltak jellemezhetőek, mint a stressz forrását nem elkerülő társaik (*Steimer és Driscoll, 2005*).

Vizsgálatomban mindezek alapján a szív működési értékeket – korábbi szakirodalmakkal ellentétben (*Rushen és mtsai, 1999; Waiblinger és mtsai, 2003; Schmied és mtsai, 2008a*) nem az ember–állat kapcsolat alkalmával állapítottam meg, hanem pihenés során. Ilyen jellegű vizsgálatokat tudomásom szerint korábban nem végeztek. Eredményeim megerősítik a fent idézett *Steimer és Driscoll (2005)* vizsgálati eredményeit.

*Forkman és munkatársai (2007)* ajánlása alapján a viselkedési teszteket az állatok természetes környezetében vettem fel, ugyanis a stresszre adott reakció mérését annak összetettségéből adódóan az ismeretlen környezet ingerei is befolyásolhatják. Az állatok félelmének vizsgálatára számos kötött és kötetlen, nyílt térben vagy arénában végzett teszt terjedt el (*Forkman és mtsai, 2007*). Egyöntetű vélemény, hogy a megközelítési tesztek, és azok közül is az ún. kényszerített megközelítés a legjobb az ember–állat kapcsolat és a megközelítésre adott reakció mérésére (*Waiblinger és mtsai, 2006*). Ugyanis, az ember/ismeretlen tárgy önkéntes megközelítéséhez legtöbbször kísérleti térre van szükség, és e teszt leginkább az aktívan reagáló állatok reakcióit képes mérni. Abban az esetben, ha kényszerítjük az állatot a személy/új tárgy megközelítésére, az előbbinél épp ellentétes eredményt kaphatunk: a nem félénk állatok kevésbé közelítik meg a kísérlet tárgyát (*Murphey és mtsai, 1981*). Mindezek alapján, a vizsgálatunkban alkalmazott teszttel nem kényszerítettük az állatokat a tesztet végző személy megközelítésére, hanem a személy közelítette meg az állatokat. A megközelítés során az állatok reakcióit jellemeztük, amely lehetett éppen az ember megérintése is. Így a félénkebb és érdeklődőbb állatok viselkedését egyaránt tudtuk vizsgálni és könnyen különbséget tudunk tenni a félénk és az embertől nem félő állatok között, a reakció erősségét értékelve pedig további kategóriákat állíthatunk fel.

Az állatok megküzdési stratégiáit vizsgáló tanulmányok szerint a nem félénk állatoknál a szimpatikus idegrendszer dominanciája érvényesül, míg az elkerülő viselkedést mutató, félénkebb állatokra többnyire a paraszimpatikus idegrendszer túlsúlya jellemző (*Bohus és mtsai, 1987; Hessing és mtsai, 1994; Fokkema és mtsai, 1995; Korte és mtsai, 1997*).

Mindezeket alátámasztják eredményeim. A fentiek alapján igazoltnak látszik előzetes feltételezésem is, amely szerint a vegetatív idegrendszeri tónust jól mutató HRV-paraméterek nyugalmi értékeiben (vagyis, amikor az állatra semmiféle külső tényező nem hat) különbség van az egyes EVF-csoportok között. Bár a goromba bánásmód többek által igazoltan növeli a tejelő tehenek embertől való távolságtartását (*Seabrook, 1984; Rushen és mtsai, 1998*), a fentiekből – kiváltképp annak tükrében, hogy vizsgálatomat öt különböző tartástechnológiájú tehenészetben végeztem és az így nyert adatokat összevontan elemeztem – arra következtethetek, hogy az állatok embertől való félelme legalább annyira lehet egyedre jellemző tulajdonság, mint a bánásmód következménye.

Amennyiben ez így van, a félős állatok szelekciójával, illetve az azokra való nagyobb odafigyeléssel javítható lehet a termelés is, ugyanis sokan az állatok embertől való félősségét és a gondo- zó elkerülését a durva bánásmód rizikótényezőként jelölték meg (*Waiblinger és mtsai, 2003; Muller és von Keyserlingk, 2006*). Ez azt jelenti, hogy a nehezen megközelíthető, félős állatokkal szemben



gyakran kell alkalmazni erélyesebb eszközöket is azok terelése, esetleges kezelése alkalmával (*Lensink és mtsai, 2001*), amely az állatok jóllétének rontása mellett sérülések előidézője is lehet. Ez nem csak az állatok termelési eredményeit ronthatja, hanem szélsőséges esetben a gondozók testi épségét is veszélyeztetheti (*Dodzi és Muchenje, 2011*).

A bélsárminták kortizolkoncentrációinak értékeit a **18. táblázat** szemlélteti. Sem az esti, sem a reggeli időszakban gyűjtött bélsárminták kortizolszintjei között – vélhetően azok nagy szórása miatt – nem találtam statisztikailag igazolható különbségeket.

**18. táblázat:** A bélsár kortizolkoncentrációja (átlag±SD) az EVF-csoportok szerint

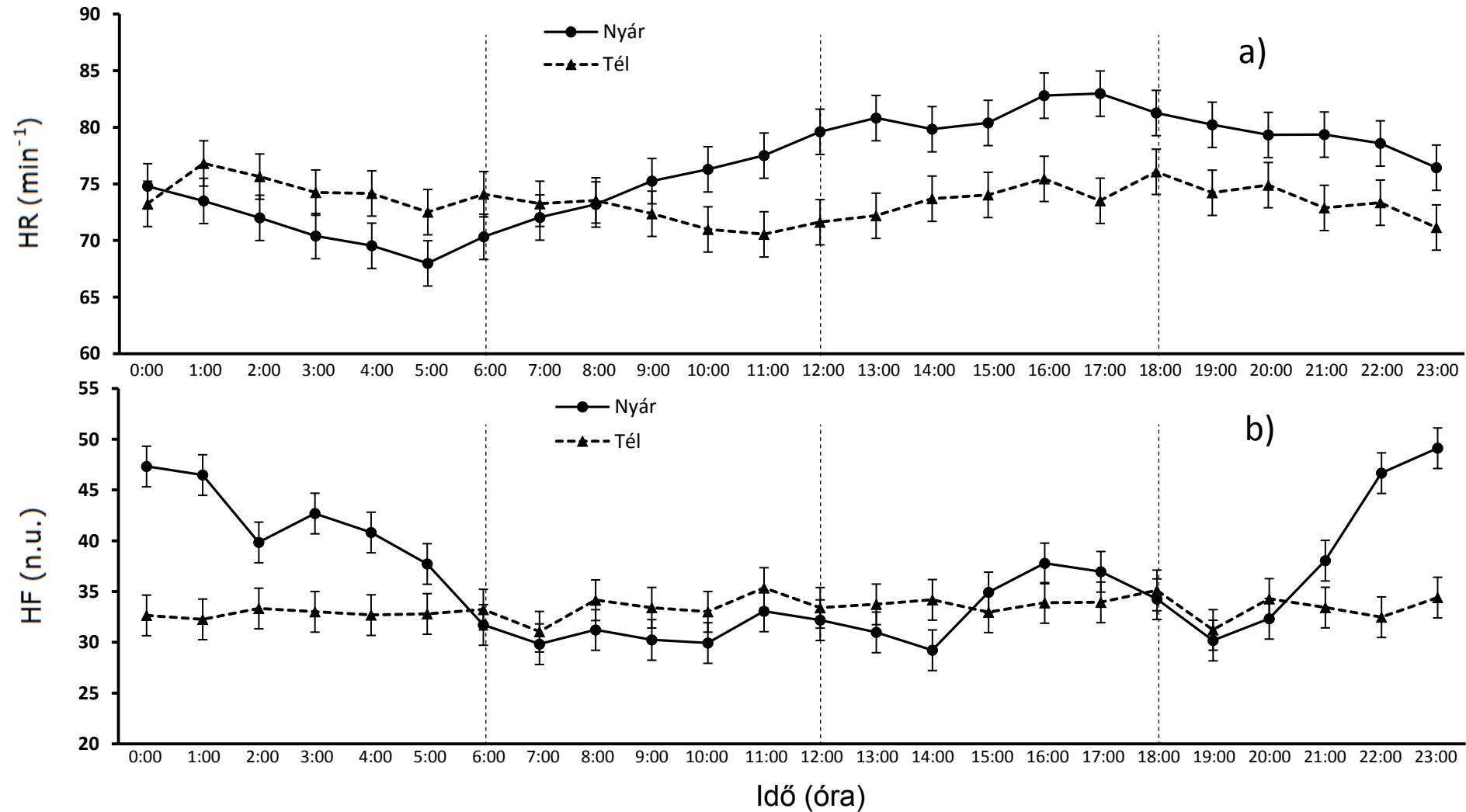
EVF	Bélsár kortizolkoncentráció (ng/g)		
	n	Reggel	Este
Nem félénk	55	52,2±14,4	51,1±22,3
Tartózkodó	51	48,5±15,1	47,2±13,6
Félénk	64	46,1±27,5	46,9±37,2
Igen félénk	66	45,8±15,4	41,7±18,7
Chi <sup>2</sup> -érték		26,33	37,36
P-érték		0,001	0,000

A leíró statisztika a bélsár kortizolkoncentrációk nem transzformált értékein alapul. EVF: embertől való félelem.

### 3.1.2.7. A HR- és a HRV-mutatók napszakossága és évszakossága

A HR napszakosságát vizsgálva látható, hogy míg télen igen kiegyenlített volt a napi ritmus (70,2 és 76,1 szívverés/perc között változott), addig a nyári időszakban egy jól megfigyelhető minimum érték (5:00 óra, 68,2±6,4 szívverés/perc) jellemezte a 6:00 óra előtti időszakot. Ezt fokozatos növekedés követte, amely során a HR 13:00 órára 81,7±7,2 szívverés/perc értékre nőtt, majd 17:00 órakor érte el maximumát (83,8±7,6 szívverés/perc).

A koradélután tapasztalt magas HR-értékek magyarázata a reggel megkezdődő hőmérséklet-emelkedés lehet, amelyet reggel 5:00 után a HR fokozatos növekedése kísért (**10/a ábra**). A koraeste tapasztalt nagy értékek feltehetően az erős nappali felmelegedés tartós hatásait tükrözik. Meg kell azonban jegyezni, hogy a 2013. év e hónapjai az átlagosnál melegebbek voltak, és a tejelő szarvasmarhák termoneutrális zónája 5 és 25°C között található (*Kadzere és mtsai, 2002*). A nyári vizsgálati időszakban egy vizsgálati napon sem csökkent a délutáni (13:00–15:00 között mért) átlagos hőmérséklet 25°C alá, de a legtöbbször ezt meghaladó értékeket regisztráltunk. Mivel célom a HR évszakosságának leírása is volt, a szív működési értékeket mindkét vizsgált hónapban (június és július) folyamatosan, a környezeti hőmérsékletre való tekintet nélkül rögzítettem, vagyis az enyhébb és melegebb napokon egyaránt.



**10. ábra:** a HR (szívverés/perc) (a) és a HRV paraszimpatikus mutatójának (HF, n.u.) (b) napszakos változása (átlag±SEM) szárazonálló teheneekben a nyári (●, n=30) és téli (▲, n=34) időszakban. Az egyes időpontokban egyenként 4 db R–R-mintát vettem (t–30 min és t+30 min intervallumon belül).

A koraesti időszakban regisztrált emelkedett HR-értékek oka a fokozott anyagcsere metabolikus aktivitás is lehet. Ismert ugyanis, hogy a HR-t elsődlegesen a szervezet metabolikus szükségletei határozzák meg (Brosh, 2007), amely szerint a mozgási aktivitásból adódó energiafogyasztás fokozódásával a HR is megnő (Major, 1998). A HR növekedését az esti órákban mások is leírták (Wenzel és mtsai, 2003; Hagen és mtsai, 2005; Janžekovič, 2005), amelyet egyesek a tehenek fokozott esti mozgási aktivitásával magyarázták (Brosh és mtsai, 2004, Janžekovič, 2005). Az állatok mozgási aktivitása jelen vizsgálat eredményeit nem befolyásolhatta, ugyanis az R–R-távolságokat minden órában fekvő testhelyzetben rögzítettem. Meg kell említeni azonban, hogy a fent idézett kutatók tejelő tehenek szív működését értékelték és kutatásaikat nem a szív működés napszakosságának vizsgálatára tervezték. Bár a szárazonálló és tejelő tehenek fekvés közbeni HR-értékei korábbi vizsgálatok szerint (Hagen és mtsai, 2005) nem különböznek, az valószínű, hogy a napi legalább kétszeri fejéssel járó állatmozgatás hatással lehet az állatok szív működésének napi ritmusára is.

Brosh és munkatársai (2004) a nyári időszakban szintén a délutáni órákban tapasztaltak jelentősebb HR-növekedést, amelyet egy korábbi munkájukban az állatok hőtermelésével hoztak összefüggésbe (Brosh és mtsai, 1998b). Eredményeim nehezen összehasonlíthatóak az izraeli kutatók eredményeivel, ugyanis ők legeltetett tejelő húsmarhák (borjas tehenek) szív működését elemezték, így vizsgálati állataik mozgási aktivitása feltehetően nagyobb volt, mint jelen vizsgálat ellés előtt álló alanyainak, amelyeket egy kis alapterületű almozott karámban tartottak a telepen.

Vizsgálatom tervezésekor ügyeltem arra, hogy minél kevesebb olyan külső körülmény álljon fenn, amely az állatok szív működését valamilyen módon befolyásolja. Mivel szárazonálló teheneken végeztem e kutatást, a fejés és az időszakos szaporodásbiológiai vizsgálatok okozta állatmozgatás hatásait is ki tudtam zárni. Vizsgálatom előnye egyben hátránya is, ugyanis – mivel szarvasmarhák szív működésének napszakosságára irányuló szakirodalmak nem elérhetők – korábbi tanulmányokkal nem tudok párhuzamot vonni. Eredményeim alapján mindenesetre megállapítható, hogy a 16:00 és 18:00 közötti időszakban nagyobb HR-értékek jellemzők, mint a hajnali–reggeli ( $P < 0,01$  minden vizsgált órában) és délelőtti napszakban ( $P < 0,05$  minden mért órában, kivéve: 12:00). Vizsgálatomban, a HR napszakossága a téli hónapokban nem volt kifejezett, azonban kismértékű délutáni növekedés, majd 18:00 után csökkenés – a nyári időszakhoz hasonlóan – szintén megfigyelhető volt. A **10/a ábrán** látható, hogy az évszak hatása 1:00 és 6:00 között, illetve a délutáni időszakban (12:00 és 18:00 között) érvényesült a leginkább. Utóbbi időszakban a maximumérték és a GAT értéke is nagyobb volt nyáron (**19. táblázat**). Télen mások is kis nyugalmi HR-értékeket mértek (Hagen és mtsai, 2005; Schmied és mtsai, 2008a), míg Brosh és munkatársai (2006) télen kisebb HR-t állapítottak meg, mint tavasszal. Egy korábbi vizsgálatomban (Kovács és mtsai, 2012) – bár tavaszi időszakban – hasonlóan nagy HR-értékeket találtam a nappali órákban (86,7 szívverés/perc), amely háttérben a téli időszak utáni felmelegedéshez való adaptáció nehézségei állhattak.

A paraszimpatikus tónus aktivitásának napszakos változékonysága a nyári időszakban a HF értékeiben jól megmutatkozott (**10/b ábra**), míg télen – a szívritmushoz hasonlóan – a vágusz aktivitása nem változott számottevően a nap folyamán. A nyári hónapokban, éjszaka és korahajnalban (22:00 és 1:00 között) 45 normálérték feletti értékeket mértem (maximumát 23:00-kor érte el), amely reggeli órákra (6:00–10:00) 30 normálértékre mérséklődött és 14:00-ig ezen az értéken maradt (eltérés az éjszakai értékektől:  $P < 0,001$ ). Nappal egy kisebb (12:00 körül) és egy nagyobb (15:00 és 18:00 között) emelkedés volt tapasztalható, azonban ez a növekedés nem volt számottevő. A HF GAT- és maximumértékei is az éjszakai órákban voltak szignifikánsan magasabbak, így a napszakosság itt is kimutatható (**20. táblázat**).

**19. táblázat:** A HR értékei (görbe alatti területek, GAT és maximum) a nyári és téli vizsgálati időszakban a különböző napszakokban (átlag±SEM)

Napszak	01:00–06:00		07:00–12:00		13:00–18:00		19:00–24:00	
Változók	GAT (szívverés)	max (min <sup>-1</sup> )	GAT (szívverés)	max (min <sup>-1</sup> )	GAT (szívverés)	max (min <sup>-1</sup> )	GAT (szívverés)	max (min <sup>-1</sup> )
Nyár	380,6±3,9	72,5±0,6	604,4±7,0	76,9±0,7	905,1±9,0	83,2±0,7	380,6±3,9	72,5±0,6
Tél	396,0±2,8	75,2±0,6	599,4±4,5	73,2±0,6	803,8±6,3	75,7±0,9	396,0±2,8	75,2±0,6
<i>P</i> -érték	0,999	0,999	0,275	0,000	0,000	0,000	0,999	0,999

GAT: görbe alatti terület

**20. táblázat:** A HF értékei (görbe alatti területek, GAT és maximum) a nyári és téli vizsgálati időszakban a különböző napszakokban (átlag±SEM)

Napszak	01:00–06:00		07:00–12:00		13:00–18:00		19:00–24:00	
Változók	GAT (n.u. × min)	max (n.u.)	GAT (n.u. × min)	max (n.u.)	GAT (n.u. × min)	max (n.u.)	GAT (n.u. × min)	max (n.u.)
Nyár	234,5±10,3	46,4±1,3	102,4±3,3	32,4±1,2	114,8±3,6	37,2±0,9	156,0±8,5	49,7±2,1
Tél	78,5±2,6	33,5±1,1	79,1±3,2	34,8±1,0	70,2±3,0	33,2±0,7	113,1±3,4	34,0±1,3
<i>P</i> -érték	0,000	0,000	0,999	0,999	0,876	0,999	0,045	0,000

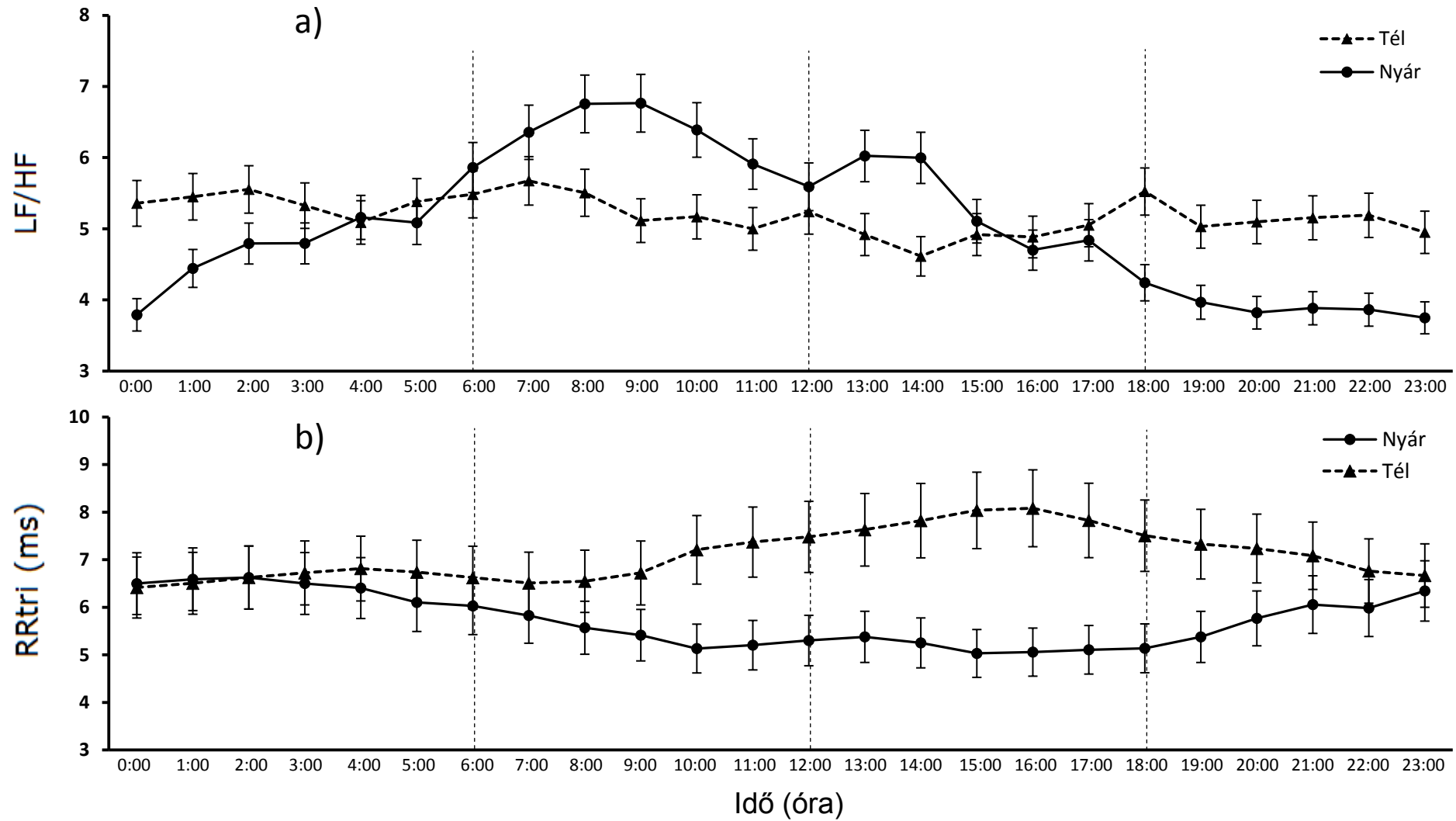
GAT: görbe alatti terület, n.u. (normalized unit): normálérték

A vegetatív idegrendszeri tónus napszakosságát eddig nem vizsgálták szarvasmarhákban. A paraszimpatikus tónusban az este folyamán jelentkező növekedést azonban korábban humán kardiológiai vizsgálatokban is leírták a HF-jelzőszám használatával egészséges felnőtteknél (*Malpas és Purdie, 1990; Huikuri és mtsai, 1994; Korpelainen és mtsai, 1997*), amelyet a szerzők az alvás során megváltozó vegetatív idegrendszeri működéssel magyarázták. Vizsgálatomban, ugyanakkor nem tudtam különbséget tenni az éjszakai órákban alvó és ébren lévő állapot között.

Az LF/HF értékei a HF értékeinek csökkenésével párhuzamosan nőttek a nappali órákban (**11/a ábra**), amely a vegetatív idegrendszeri egyensúly szimpatikus hatások felé való eltolódását jelzi a nappali időszakban. A 7:00, 8:00, 9:00 és 10:00, illetve a 13:00 és 14:00-kor mért értékek statisztikailag is igazolhatóan nagyobbak voltak ( $P < 0,05$ ), mint az esti és éjszakai időszakban (1:00–6:00 és 19:00–24:00). A szimpatikus tónus nappali erősödését egészséges felnőttek (*Huikuri és mtsai, 1994*), illetve csecsemők és gyermekek esetében (*Massin és mtsai, 2000*) is leírták az LF/HF-paraméterrel. Vizsgálatomban azonban nem találtam évszakok közötti különbséget az LF/HF értékeiben sem a GAT- sem a maximumértékeket összehasonlítva (**21. táblázat**).

Nyáron alacsonyabb nappali és magasabb éjszakai vágusz aktivitás és a vele ellentétesen változó, nappal nagyobb és éjszaka csökkenő szimpatoparaszimpatikus egyensúlyt tapasztaltam. Ez nappal az állatok számára stresszt okozó magas környezeti hőmérséklet késődéltutáni órákban kezdődő csökkenésével lehet kapcsolatban. Ez azonban csak feltételezés. Humán vizsgálatok a homeosztázisban szerepet játszó fiziológiai mutatók napszakosságát kutatva gyakran környezeti tényezőket jelölnek meg e jelenségek okaként, míg mások egy belső, 'biológiai órá' feltételeznek a napi ritmus hátterében. Amennyiben a HR és a HRV spektrális mutatóinak évszakosságát vizsgáljuk, inkább vélhető úgy, hogy a környezetnek, ezen belül is a hőmérsékletnek lehet a legnagyobb szerepe a szív működés napi változékonyságában. Sokan a napfényt tartják a legerősebb olyan környezeti tényezőnek, amely a szervezet biológiai óráját irányíthatja (*Appenzeller, 1990*). Ha ebből indulunk ki, a napfény és a nyári hosszabb nappalok alatt termelődő hőmennyiség szív működést befolyásoló hatásain keresztül érvényesülhetett. Az RRtri geometriai mutató értékeiben télen 9:00 után enyhe növekedés, míg nyáron 6:00 órát követően csökkenés volt tapasztalható (**11/b ábra**). Korábbi vizsgálatok szerint az R–R-távolságok változékonyságát általánosan meghatározó geometriai HRV-mutatók értékeinek csökkenése stresszre utal (*Hejmel és Gál, 2001*), amelyet számos, krónikus betegségek szív működési vonatkozásait vizsgáló humán tanulmány is megerősít (*Carvalho és mtsai, 2011; Li és mtsai, 2012*).

Az RRtri értékeiben nyáron tapasztalható déltutáni csökkenés (különbség:  $P < 0,05$  minden 13:00 és 18:00 között mért érték és minden 1:00 és 6:00 között mért érték között) a HR és a HRV spektrális mutatóinak változásával együtt azt látszik megerősíteni, hogy a nyári időszakban a koradéltutáni időszakban jellemző erős felmelegedés a szárazonálló tehének számára megterhelő lehet. Az évszakosság jelenségét azonban az RRtri-mutató esetében sem tudtam statisztikailag alátámasztani (**22. táblázat**).



**11. ábra:** A szimpató-paraszimpatikus paraméter (LF/HF) **(a)** és az RRtri (ms) **(b)** napszakos változása (átlag±SEM) szárazonálló tehenekben a nyári (●, n=30) és téli (▲, n=34) időszakban. Az egyes időpontokban egyenként 4 db R–R-mintát vettem (t–30 min és t+30 min intervallumon belül).

**21. táblázat:** Az LF/HF értékei (görbe alatti területek, GAT és maximum) a nyári és téli vizsgálati időszakban a különböző napszakokban (átlag±SEM)

Napszak	01:00–06:00		07:00–12:00		13:00–18:00		19:00–24:00	
Változók	GAT (min)	max	GAT (min)	max	GAT (min)	max	GAT (min)	max
Nyár	12,3±1,1	5,3±0,2	34,5±1,8	6,2±0,3	17,4±1,3	5,7±0,2	9,0±1,0	4,0±0,1
Tél	15,6±1,3	5,1±0,2	20,3±1,5	5,1±0,2	16,8±1,2	5,2±0,2	19,1±1,4	5,0±0,2
<i>P</i> -érték	1,000	1,000	0,453	0,887	1,000	1,000	0,733	0,954

GAT: görbe alatti terület

**22. táblázat:** Az RRtri értékei (görbe alatti területek, GAT és maximum) a nyári és téli vizsgálati időszakban a különböző napszakokban (átlag±SEM)

Napszak	01:00–06:00		07:00–12:00		13:00–18:00		19:00–24:00	
Változók	GAT (ms × min)	max (ms)	GAT (ms × min)	max (ms)	GAT (ms × min)	max (ms)	GAT (ms × min)	max (ms)
Nyár	32,9±0,7	6,4±0,1	50,0±1,2	6,5±0,2	66,2±2,1	6,1±0,2	82,9±2,3	6,4±0,2
Tél	32,7±0,9	6,1±0,2	51,0±1,4	6,6±0,2	78,0±1,9	7,2±0,2	96,9±2,5	6,8±0,2
<i>P</i> -érték	0,436	0,094	0,706	0,647	1,000	1,000	1,000	0,950

GAT: görbe alatti terület, ms: millisecondum

Eredményeim módszertani szempontból is jelentősek lehetnek. A további HRV vizsgálatok esetében – különösen, ha nyári időszakban végezzük őket – figyelembe kell venni a szív működési mutatók napszakosságát. Azaz, ha lehet – a HR és HRV nagymértékű és állandó változása miatt – a nyugalmi értékek felvételét követően 24 órával végezzük el a vizsgálatot, vagy kutatásunk kezdetével várjuk meg a késő őszi–téli időszakot.

### 3.1.3. Az 1. vizsgálatból levonható következtetések

Az 1. vizsgálat eredményei mind a korábbi tanulmányok eredményeinek jobb megértésében, és a további HR és HRV stresszvizsgálatok kísérleti elrendezésének megtervezésében egyaránt fontosak lehetnek. A HR és a HRV-mutatók értékeit a testhelyzet, az állatok tevékenysége (kérődzés, takarmányfelvétel) és a telep (nagyság, alkalmazott technológia) is befolyásolja. Az állatok nyugalmi HRV-mutatói és a vérmérséklet, illetve az embertől való félelem mértéke között összefüggés mutatható ki. Utóbbi feltehetően az állatok élettani jellemzőitől is legalább annyira függ, mint a bánásmódtól. A HR és HRV nyáron napszakosságot, illetve a nyári és téli időszakban mérve évszakosságot mutat, amely tanulmányozása módszertani jelentősége révén segítséget nyújthat a további vizsgálatok megtervezésében és kivitelezésében.



### 3.2. Akut stressz vizsgálata a fejés körüli időszakban (2. vizsgálat)

A fejés körüli időszak viselkedési és élettani vonatkozásait az automatizált fejési rendszerek elterjedésével párhuzamosan kezdték mélyrehatóbban vizsgálni. E tanulmányokban nagyméretű fejőházakat nem vizsgáltak. A legtöbben egy állásos fejőrobotokat, és azokhoz méretében hasonló fejőházakat értékelték. A korábbi vizsgálatok a robotizált fejés nagyobb stresszterheléséről tanúszkodnak (*Kremer és Ordolff, 1992; Ketelaar de Lauwere és mtsai, 1996 és 1998; Uetake és mtsai, 1997; Stefanowska és mtsai, 1999*). Az újabb kutatások nem találtak jelentős állatjóléti különbségeket a két technológia között (*Neuffer és mtsai, 2004; Gygax és mtsai, 2006 és 2008*). A nagy állatlétszámú tejtermelő tehenészetekben ma is általános, nagyméretű, hagyományos (fejőaknás) fejőházakban és karusszeles fejés során eddig nem értékelték az állatok viselkedési és élettani reakcióit.

A fejés jóléti vonatkozásait vizsgáló munkák módszertani és kísérlet-elrendezési változatossága miatt az ebben a témakörben született eredmények gyakran ellentmondásosak. Ez – véleményem szerint – az elemző módszerek újszerűségéből és az ebből adódó hibákból eredeztethető, valamint abból, hogy a HR és a HRV nyugalmi értékeivel kapcsolatos alapvető módszertani megállapítások elég szegényesek. A legtöbb vizsgálatot olyan kísérleti telepen végezték, ahol az egyszerre vizsgálható állatok száma – a telep kis méretének és állatlétszámának köszönhetően – nem tette lehetővé az állatokra a fejést megelőző időszakban telepi körülmények között ható tényezők hatásainak értékelését. A 2. vizsgálatban ezért különös figyelmet fordítottam a fejés előtti időszak vizsgálatára (az állatok fejőházba hajtása és az elővárakozóban tartózkodása) és a fejési folyamatot fázisokra osztva értékelttem. A fejési rendszerek vizsgálata során célul tűztem ki az állatok stresszre utaló viselkedésének (az állás közbeni lábemelgetések/lépések percenkénti száma) és a szív működési értékekben tapasztalt változások értékelését hagyományos fejőházi, illetve robotizált fejés során. A fejés körülményeinek és az állatok egyes tejszámjellemeinek a fejőállásban, illetve a fejőegységben mért stresszszintjével való összefüggéseit is elemeztem.

#### 3.2.1. Anyag és módszer

##### 3.2.1.1. A vizsgálati állatok és a vizsgálatok helyszínei

A 2. vizsgálatban hagyományos és robotizált fejési rendszerekben határoztam meg tejelő tehenek szív működési mutatóit. E kutatást az 1. vizsgálatban (3.1.1.1. fejezet) bemutatott tehenészetekben végeztem, ugyanazokon az állatokon, azonban Ödön majorban 5, József majorban a robotizált fejési rendszer üzemelésekor 4, Nórápon 6, míg Csípőtelken 9 állatról nem kaptam értékelhető adatokat. Ennek oka Ödön majorban és Csípőtelken a HR-vevőkészülékek elővárakozóban való károsodása, illetve leállása, míg József majorban az elektródák kiszáradásából adódó vezetőképesség csökkenése (hibás R–R-jelszakaszok) vagy a jelsorozat teljes megszűnése volt. Nórápon a műszerek nem megfelelő rögzítéséből adódott az adatvesztés. Az állatokat minden tehenészetben igyekeztem egy termelési csoportból válogatni. Amennyiben ez nem volt lehetséges, olyan csoportokból, amelyeket az adott vizsgálati napon egymáshoz időben közel fejtek. Összesen 219 állat szív működését tudtam a későbbiekben elemezni. Lászlópusztán nem vizsgáltam a szív működést a fejés körüli időszakban. A 2. vizsgálat helyszínéül szolgáló tehenészetek legfontosabb tartási és fejéstechnológiai jellemzőit az alábbiakban foglalom össze.

**Ödön major.** A tejelő teheneket három termelési csoportban (fogadó csoport, 15 kg alatti és 15 kg feletti napi tejtermelés), egyedi, szalmaalmozású pihenőbokszzokkal ellátott kötetlen, könnyűszerkezetes istállókban helyezték el (csoportonként 110–140 állat). A két termelőistállótól az állatoknak 120–220 m hosszú utat kellett megtenniük a fejőházig. Az állatokat egy személy hajtotta a fejesre. Az elővárakozóban egyszerre 70–80 állat tartózkodott, amelyeket zsúfoló-kapu terelt a fejőház bejáratai felé. A fejest fejőaknánként két fő végezte, így átlagosan 12 állat jutott egy fejőre.

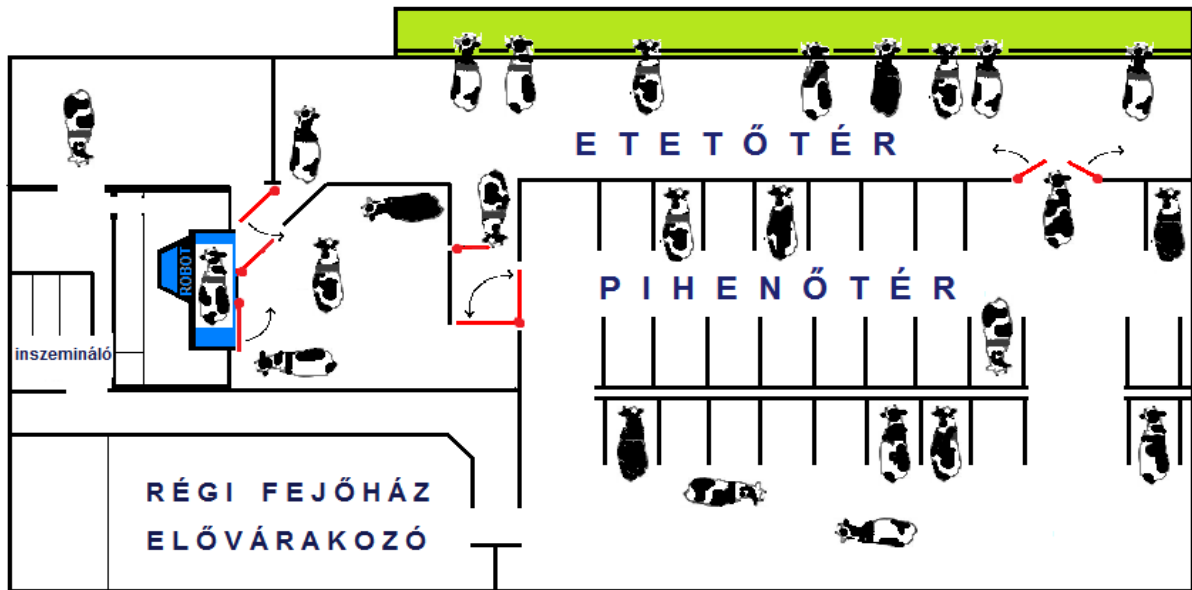
A fejőállások halszálkás elrendezéséből adódó függesztett állásszerkezet miatt a fejők munkájához a párhuzamos elrendezésnél nagyobb hely állt rendelkezésre, azonban a fejőknek viszonylagosan több utat is kellett megtenniük a fejes alatt. A technológiában kétkomponensű tögyfertőtlenítővel fertőtlenítik a tögybimbókat. Az első tejsugarakat negyedenként kifejrik, ezt követően textil tögytörő kendővel tisztítják a tögybimbókat és környékét. A fejőkészüléket a tögyelőkészítés megkezdését követő 1,3–1,5 percen belül felhelyezték a tögybimbókra.

A fejőaknából vezérelhető pneumatikus gyorskiengedő kapukon a tehenek gyorsan és egyszerre távoztak a fejőállásokból. A gyors kiengedő felnyílása után 1–3 percen belül, gyakran a fejesben közreműködő személy ösztönzésére hagyták el a fejőházat. Az elővárakozó és az istállóba visszavezető út csatlakozásánál vályús itatót helyeztek el az állatok számára.

**József major, fejőház.** A tejelő teheneket két termelési csoportban (kis termelésű, illetve nagy termelésű), egyedi gumiszőnyeges pihenőbokszzokkal ellátott régi építésű istállóban tartják, csoportonként 35–40 állattal. A gumiszőnyegek nem almoznak. A felhajtás során az állatoknak 20–30 m-t kellett megtenniük a kisméretű fejőteremig. Az elővárakozó térben átlagosan 25–35 állat tartózkodott egyszerre. A felhajtást ugyanaz a személy végezte, mint a fejest, ennek következtében az állatok meglehetősen sok időt töltöttek a fejőállásban a fejes megkezdése előtt. A tögy előkészítését (hagyományos tögymosás) és a fejes minden további munkaműveletét egyedül végezte, így a fejőkészülékeket gyakran csak a tögy előkészítés megkezdése után 2–3 perccel helyezte fel a tögybimbókra. A fejes után az állatokat visszahajtotta az istállóba, majd az elővárakozóból újabb teheneket terelt a fejőterembe.

**József major, fejőrobot.** A gazdaságban újonnan beüzemelt fejőrobotban (DeLaval VMS automatikus fejőrendszer, DeLaval International AB, Tumba, Svédország), két hónappal az átszoktatási időszak után vettük fel a szív működési adatokat.

Az állatok ebben az időszakban a teljes takarmánykeveréken felül a fejőrobotban egyedi tejtermelésüktől függően ún. csalogató abrakot kaptak. Az automatizált fejesi rendszer bevezetése után a takarmánykiosztás ideje nem változott, azonban az állatok takarmányfelvételének időszakosságát erősen befolyásolta a technológiába épített úgynevezett irányított tehénforgalom. A fejőrobot üzembe állításával a telepen az 'először etetés forgalom' rendszerét vezették be. A tehenek az istállóból az etetőtérre kivezető egyirányú kapukon keresztül a nap 24 órájában, bármikor el tudták érni az etetőasztalt. Innen egy intelligens válogatókapu vagy a pihenőtérre, vagy a fejőrobot elővárakozó terébe (**18–19. kép**) irányította őket, az utolsó fejes időpontjától függően. E technológia lényege, hogy a fejőrobotba csak 'fejesi engedéllyel' rendelkező állatok léphetnek, vagyis a fejes feltétele, hogy az állatok utolsó fejesé óta elegendő idő teljen el. Ez az időtartam vizsgálatunk idején 6 óra volt. Fejest követően a fejőegységből az állatok automatikusan az etetőtérre jutottak, ahonnan a válogatókapun ismét áthaladva térhettek vissza a pihenőtérre. Az állatok istálló- és etetőtér használatának ily módú irányítása volt a fejőegység rendszeres látogatásának alapja (**12. ábra**).



**12. ábra:** Az automatizált fejési rendszerben kialakított irányított tehenforgalom (József major)



**18–19. kép:** A fejési engedéllyel rendelkező állatok az elővárakozóban (József major)

*Fotók:* Kovács Levente (18. kép) és Kézér Fruzsina Luca (19. kép)

A fejés folyamatának minden elemét a DeLaval VMS fejőrendszer hidraulikus működtetésű robotkarja végezte. A robotkarja lézerrel ellátott kamera és képfeldolgozó rendszer segítségével képes a gyors tőgyfelismerésre és a tőgybimbók helyzetének meghatározására.

A többfunkciós robotkar a tőgybimbókat langyos víz és sűrített levegő keverékével ciklonmozgással egyedileg tisztította egy különálló tőgytisztító és előkészítő kehely használatával. Ezt követően előfejté a tőgybimbókat, elvégezte azok stimulálását valamint szárítását. A tőgytisztító kehelyt csak a tőgybimbók fejés előtti előkészítésére használta. Nincs kapcsolatban a fő tejvezetékkel, így megakadályozza, hogy bármilyen szennyeződés a tejtartályba juthasson. Az előfejés során kifejt tejet a főfejés tejétől külön kezelte a rendszer. A tisztítás vize és az előfejt tej vákuum segítsé-

gével egy külön tartályban gyűlt össze, ahonnan leengedték a csatornába. A rendszerben a tőgybimbó mosás intenzitása állomány és egyedi szinten is beállítható. A tisztítás és előkészítés átlagos ideje 7 másodperc volt tőgybimbóként. A fejés utáni tőgyfertőtlenítést követően az állatok 3–10 másodpercen belül elhagyták a fejőegységet.

**Nóráp.** A nórápi családi gazdaságban, a vizsgálati időszakban a tejelő teheneket egy kb. 0,2 hektár területű almozott karámban tartották – tejtermeléstől függetlenül – amely egy kb. 0,5 hektár területű legelő és egy liget csatlakozott. Az állatokat fejés előtt erről a területről hajtották fel a fejőház mellett lévő, téli szálláshelyül szolgáló, 3 oldalról nyitott almozott istállóba. Az istállóig megtett út 30 és 80 m között változott. Innen egyszerre 10–12 állatot hajtottak a fejőház elővárakozó terébe, ahol a tehenek mindössze 10–11 percet töltöttek átlagosan.

A fejés munkáit egy fejő látta el, így a 2×4 állásos fejőteremben a fejőkészülék a tőgy stimulálását követő 1 percen belül felkerültek a tőgybimbókra. A tőgy előkészítését hagyományos módon (tőgymosás) végezte.

**Csípőtelek.** A tejelő állományt két, egyenként 1088 férőhelyes, modern, könnyűszerkezetes termelőistállóban tartják, öt termelési csoportban (fogadó, kistejű üszők, kistejű tehenek, közepes tejűek, nagy tejűek), csoportonként 230–255 állattal. A termelőistállók a felhajtóút köti össze egymással. A felhajtó út hossza 150 m mindkét istállóból, a fejőházig megtett út hossza az állatok istállóban való elhelyezkedésétől függően 170–350 m volt. Az állatokat két felhajtó terelte a fejőház elővárakozó terébe. A fejőházba a két termelőistálló közötti gumimatrac borítású folyosókon juthatnak el a tehenek. A fejőház a következő főbb egységekből áll: zsúfoló tér, amelyben a zsúfoló kapu végzi az állatok szabályozott terelését, valamint itt helyezkednek el az állategészségügyi kezelést és elkülönítést végző boksok. Az elővárakozóban 200–250 állat tartózkodik egyszerre.

A 8–9 perc alatt lezajló fejés három ember munkáját igényelte, negyedik munkatársuk feladata a fejés lezárása volt. A fejők a 72 állásos karusszel kerületén egymástól egyenlő távolságra helyezkedtek el. Az első személy végezte a száraz tőgyelőkészítést, míg a második személy az első tejsugarak kifejeése után felhelyezte a fejőkelyheket. Az állatok fejőplatformra való fellépése és a fejőkelyhek felhelyezése között az összehangolt munkának köszönhetően a vizsgálati állatok esetében átlagosan 1 perc 40 másodperc telt el. A harmadik személy a tőgy utófertőtlenítését végezte. A fejők óránként váltották egymást a három állásban. Azokat az állatokat, amelyek egy kör megtétele alatt nem adták le a tejet a fejést lezáró dolgozó rögzítette, így ezek az egyedek még egy kört tettek meg. Azokat az állatokat, amelyek a fejés végeztével önként nem hátráltak ki a fejőállásból egy fejmagasságban elhelyezett kb. 20 cm átmérőjű alumínium cső készítette a fejőplatform elhagyására. Gyakran így is előfordult, hogy az állatok a fejés végeztével nem távoztak a karusszelből. Az állatok a fejés végeztével az istállóban juthattak ismét takarmányhoz és vízhez.

**Jászapáti.** A tejelő teheneket négy termelési csoportban, egyedi, szalmaalmozású pihenőboksokkal ellátott könnyűszerkezetes istállóban tartják, csoportonként 130–150 állatot. A termelőistállótól az állatoknak 100–160 m hosszú utat kellett megtenniük a fejőházig. Az állatokat két személy hajtotta a fejésre. Az elővárakozóban egyszerre kb. 80–90 állat tartózkodott, amelyeket elektronikus vezérlésű zsúfoló-kapu terelt a fejőház irányába.

Egy 2×12 állásos fejőaknában két dolgozó látta el a fejés feladatait, lehetővé téve a gyors és szakszerű tőgyelőkészítést. A fejési technológiában a száraz tőgyelőkészítés technológiáját (egyszer

használatos papírtörölővel), alkalmazták. A fejkészüléket a tőgy előkészítés megkezdését követő 1–1,3 percen belül felhelyezték a tőgybimbókra. Fejés után az állatok a fejőaknából vezérelt gyors kiengedő felnyílása után 1–2 percen belül elhagyták a fejőházat.

A 2. vizsgálatban látogatott tehenészetek fejési rendszereinek legfontosabb jellemzőit a **6. sz. melléklet** tartalmazza.

### 3.2.1.2. Az adatgyűjtés módszere

A 2. vizsgálatban a zökkenőmentes és folyamatos adatfelvétel érdekében minden vizsgálati napon 3–4 személy (egy állatorvos és két-három diplomaterves hallgató) volt a segítségemre. E vizsgálat fontosabb jellemzőit a **23. táblázat** foglalja össze.

**23. táblázat:** A 2. vizsgálat adatgyűjtésének fontosabb jellemzői

Tehenészet, vizsgálati állatok	Vizsgálati napok száma	Vizsgált állatok száma/nap	Értékelt fejések száma/állat	Az összes értékelt fejés száma
Ödön major (n=50)	12	4–5	1	50
József major fejőház (n=27)	3	8–10	1	27
József major, fejőrobot (n=20)	3	6–8	1,7±0,4 (1–3)	35
Jászapáti (n=36)	3	12	2,8±0,1 (2–3)	101
Nóráp (n=37)	6	6–7	1,8±0,1 (1–2)	67
Csípőtelek (n=49)	4	9–12	2,9±0,3 (2–3)	143

Az állatok kiválasztásának és a műszerek rögzítésének módja megegyezett az 1. vizsgálatban leírtakkal (3.1.1.2. fejezet). Az R–R-adatok rögzítését minden tehenészetben a reggeli fejést követően, 7:30 és 9:30 között kezdtem meg. Ez alól kivétel volt a nórápi gazdaság, ahol a reggeli fejés előtt lehetőségem volt a műszerek felhelyezésére. Az adatfelvételt az esti fejés utáni 60. percig folytattam (18:30–22:00). Ezt követően az állatokat az inszemináló helyiségbe tereltem, ahol eltávolítottam róluk a műszereket. Csípőtelken az adatfelvételt követő napon, a reggeli fejés után 60 perccel a takarmánykiosztás során a nyakrögzítővel felszerelt etetőasztalnál távolítottuk el az állatokról a műszereket. József majorban, a robotizált fejési rendszer vizsgálatakor, 24 óra elteltével távolítottuk el az állatokról a műszereket.

### 3.2.1.3. Viselkedési megfigyelések és a HRV elemzése

A fejést megelőző időszakban, az 1. vizsgálatban leírtak szerint (3.1.1.3. fejezet) rögzítettem a szív működés alapértékeit állás (a fejés közben nem kérődöz tehenek) és állva kérődözés (a fejés közben kérődöz tehenek) közben (2–4 minta/állat). Ezeket az adatokat igyekeztem minden tehenészetben, és minden állat esetében a fejéshez időben közel felvenni (kb. 1–2 órával fejés előtt). A

fejés körüli időszakban a szív működést és a viselkedést egymással párhuzamosan vizsgáltam, a **24. táblázat**ban leírtak szerint. A fejést megelőző fázisokat (felhajtás, elővárakozó, a fejőházba való belépést megelőző 1 perc) a HR-vevőkészülékekkel szinkronba hozott karórám segítségével, vizuális megfigyeléseim alapján különítettem el.

**24. táblázat:** A 2. vizsgálatban értékelt időszakok

Az értékelt időszak	Meghatározás
1 nyugodt állás/ állva kérődzés	lásd: 1. vizsgálat (3.1.1.3. fejezet)
2 Felhajtás	A felhajtás kezdete (az állat a felhajtó ösztönzésére elindul a fejőház felé) és az elővárakozóba való belépés közötti időtartam
3–5 Elővárakozó	Az elővárakozóba lépés és a fejőrobotba/fejőházba történő belépés közötti időtartam
6 A fejőházba/fejőrobotba lépés előtti 1 perc	Az elővárakozóban töltött utolsó perc, mielőtt az állat a fejőházba/fejőegységbe lépne
7 Fejés előkészítés	A fejőállás/fejőegység elfoglalása (az állat mind a négy lábával a fejőállásban áll) és a fejőkelyhek felhelyezése közötti időtartam
8 A fejés 1. perce	A fejőkelyhek felhelyezése után számított 1 perc
9 Fő fejési idő	A fejőkelyhek felhelyezése utáni 1. perc és az utolsó fejőkehely levétele előtti 1. perc közötti időtartam
10 A fejés utolsó perce	A fejőkelyhek levétele előtti 1 perces időtartam
11 Fejés utáni várakozás	Az utolsó fejőkehely levétele és a fejőállásból való kilépés (mind a négy lábával) közötti időtartam
12 Fejőállásban/fejőegységben töltött idő	A fejőállás elfoglalása és a fejőállásból való kilépés közötti időtartam (7. + 8. + 9. + 10. + 11. fázisok)

A fejőházba való belépés utáni fázisokat (7–11. fázisok) a HR-vevőkészülékekkel szinkronba hozott digitális videokamerák (Canon Legria HF M36, Canon, Japán) felvételei alapján különítettem el (**20. kép**). A csípőtelki tehenészetben a fejőkarusszal folyamatos működése miatt erre nem volt lehetőség, így ott a fejés szakaszainak kezdetét és végét, illetve az állatok lépésszámát vizuális megfigyeléseim alapján jegyeztem fel (**21. kép**).

Mivel a tehenészetek mérete és az istállók telepen való elhelyezkedése változó volt, így a felhajtó út hossza és a felhajtás ideje is eltért a különböző technológiákban. Fontosnak tartottam, hogy a felhajtás során mért HRV-értékek az egész felhajtásra jellemző stresszszintet tükrözzék, így azokban a tehenészetekben, ahol ez elérte a 10 percet (Jászapáti, Ödön major, Csípőtelek), két 5 perc hosszúságú R–R-szakasz mintát is vettem a felhajtás során (az első és az utolsó 5 percet). A fejőház elővárakozó terében töltött időszak során 3 db 5 perces időszakot különítettem el, állatonként arányosan lefedve az elővárakozóban töltött teljes időt. Mivel a hagyományos fejési folyamat velejárója az állatok ösztönzése (akár a felhajtás során, akár a fejőházba való belépés előtt), így az ember által ösztönzött állatok szív működési értékeit nem zártam ki a későbbi elemzésből.

A robotizált fejés vizsgálatokor, az irányított tehenforgalom és a fejőrobot önkéntes látogatása következtében elenyésző volt a fejőállásba kézzel terelendő tehenek száma és a vizsgálati állatok esetében ez nem is fordult elő.

Az állatok fejőházba való belépése után a viselkedést *Martin és Bateson* (2007) szerint folyamatosan rögzítettem, majd egyedenként értékeltem. A fejés folyamata (8., 9. és 10. fázisok) közbeni percenkénti lépésszámokat korábbi vizsgálatokhoz hasonlóan (*Wenzel és mtsai*, 2003; *Hagen és mtsai*, 2004; *Gygax és mtsai*, 2008) jegyeztem fel. A hagyományos fejési rendszerek vizsgálata során a szomszédos fejőállásban fejt tehenek általi lökésekkel adódó lépéseket nem jegyeztem fel. A fejőkelyhek szakszerűtlen felhelyezése következményeként regisztrált lépéseket nem vontam ki a vizsgálatból. A fejés körüli időszak szívműködési vonatkozásainak elemzéséhez az 1. vizsgálatban ismertetett HRV-mutatók közül a HR, a HF és az LF/HF értékeit határoztam meg.



**20. kép:** A fejés folyamatának rögzítése videokamerával (Józsefmajor, fejőrobot)



**21. kép:** Az állatok lépésszámának és a fejés fázisainak regisztrálása (Csípőtelek)

**Fotók:** Kovács Levente

### 3.2.1.4. A fejés körülményeinek összefüggései a stresszel

A 2. vizsgálatban a fejés körülményeinek és egyes tejszemléadási mutatók összefüggéseit is értékelni a 12. fázis (a fejőállásban/fejőegységben töltött idő) során mért szív működéssel:

- az elővárározóban eltöltött idő hossza: az elővárározóba való belépés és a fejőházba való belépés közötti időtartam,
- előkészítési idő: a tőgy előkészítése/a fejőállásban eltöltött idő,
- várározási idő (VI) index: a fejés utáni várározás/a fejőállásban eltöltött idő,
- leadott tejszemléadás (kg),
- tejszemléadási sebesség (kg/perc): a fejés alatt percenként leadott tejszemléadás,
- lépés/perc (fejés során).

Várározásaim szerint azokra az állatokra, amelyek több időt töltöttek az elővárározóban, sokáig tartott a tőgy előkészítésük (hosszabb előkészítési idő), illetve nagyobb VI index-szel rendelkeztek (azaz a fejőállásban töltött idejük nagyobb részét töltötték a fejés utáni várározással) a teljes fejőállásban töltött idő alatt nagyobb stresszszint lehet jellemző.

### 3.2.1.5. Statisztikai értékelés

A szív működési és viselkedési adatok értékelését az SPSS 18 (SPSS Inc., Chicago, IL) programcsomaggal végeztem. A hat vizsgált fejési rendszerben a fejés körüli időszak elkülönített fázisai során számított HR és a HRV spektrális mutatóinak (HF, LF/HF) értékeit telepenként külön-külön a GLM módszerével határoztam meg. A modell megbízhatóságát az Omnibus-tesztel értékeltem. A modellben a kondíció, az ellésszám és az életkor, mint folytonossági változók, a napi tejszemléadás, mint kovariáns, a fejési folyamat vizsgált szakaszai, mint faktorok, a tehén, mint random hatás szerepelt (mivel egy állatról általában több fejés adatai álltak rendelkezésre). A fejés elkülönített fázisai alatt számított szív működési mutatók függő változóként szerepeltek a modellben.

A modellben vizsgált hatásokat Wald Chi<sup>2</sup> próbával értékeltem. A nyugalmi időszakban és a fejés szakaszai során a modell által becsült átlagértékek közötti különbségek páronkénti összehasonlítását a Bonferroni-féle post-hoc tesztel értékeltem. A fejőállásban/fejőrobotban kérődző állatok esetében az állva kérődzés alatt rögzített HR-, HF- és LF/HF-értékeket, míg a fejés közben nem kérődző állatok esetében a HRV nyugodt állás során felvett értékeit tekintetem nyugalmi értéknek. A szignifikancia-szint 0,05 volt.

A fejőállásban töltött idő során meghatározott HR- és HRV-értékek és a nyugalmi szív működési értékek különbségeit szintén a GLM módszerével elemeztem, a fentihez hasonló beállításokkal, azzal a különbséggel, hogy az értékelt faktorok a fejési rendszerek voltak, míg a függő változók a nyugalmi szív működési értékektől számított eltérések voltak. Ezeket a Bonferroni-féle post-hoc tesztel hasonlítottam össze. A szignifikancia-szint 0,05 volt.

A fejőállásban töltött idő során mért szív működési mutatók értékei, a fejés körülményei és a tejszemléadás mutatói közötti összefüggést Spearman-féle rangkorrelációval határoztam meg. A vizsgált szív működési mutatók értékeinek szórás-homogenitását a Levene's tesztel értékeltem. A különböző telepeken meghatározott lépésszám-értékeket a nem parametrikus Tamhane-féle post hoc tesztel

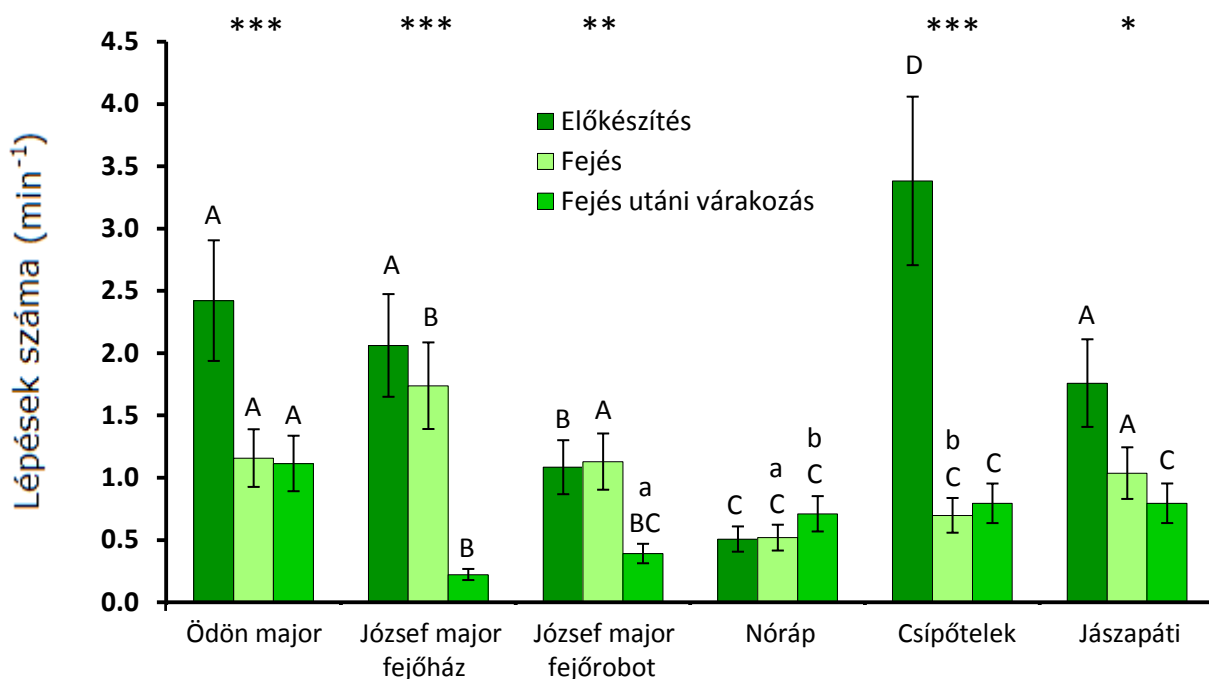


hasonlítottam össze páronként a fejés különböző szakaszaiban külön-külön (fejés előkészítés, fejés, fejés utáni várakozás). A fejés három fázisában regisztrált lépések telepen belüli összehasonlítását is a Tamhane-teszttel végeztem. A szignifikancia-szint mindkét próba esetében 0,05 volt. A lépésszám-értékek szórásának egyezőségét az elemzéseket megelőzően a Levene's teszttel értékeltem.

### 3.2.2. A 2. vizsgálat eredményei és azok értékelése

#### 3.2.2.1. A lépések és lábemelgetések száma fejés közben

A lépések/lábemelgetések gyakorisága a nórápi tehenészetben szignifikánsan kisebb volt a fejés mindhárom fázisában, mint a többi tehenészetben, és a három fázis között nem találtam különbséget a telepen belül. A fejés előkészítési szakaszában a többi hagyományos fejési rendszerben nagyobb lépésszám gyakoriságot regisztráltam, mint a robotizált fejés során, József majorban ( $P < 0,001$ ). A csípőtelken feljegyzett kiugróan nagy érték (lépés/perc =  $3,5 \pm 1,3$ ) a fejőplatform mozgásából, ennél fogva a tehenek az előkészítési fázisban való helyezkedéséből, illetve az intenzív és gyors tőgy előkészítéséből adódhatott (**13. ábra**).



A különböző betűk a fejési rendszerek közötti szignifikáns eléréseket jelzik: <sup>ABCD</sup> $P < 0,01$ ; <sup>ab</sup> $P < 0,05$ . A fázisok közötti eltérés a fejési rendszereken belül: \* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ ; \*\*\* $P < 0,001$ .

**13. ábra:** A lépések és lábemelgetések percenkénti száma (átlag $\pm$ SD) a fejés három fázisában a hat vizsgált fejési rendszerben

Wenzel és munkatársai (2003) a fejés előkészítési szakaszában háromszor több lépést találtak fejőrobotban, mint hagyományos,  $2 \times 4$  állásos tandem elrendezésű fejőházi fejés során. Mivel a kísérleti csoportban a teheneket egy újonnan beüzemelt fejőrobotban, a kutatók az automatizált technológiához való hozzászokás nehézségeivel magyarázták mindezt. Ezzel összhangban, a nórápi,

szintén 2×4 állásos halszálkás fejőházban kevesebb, mint fele volt a percenkénti lépések száma, mint a József majori fejőrobotban. Eredményeim magyarázata azonban nem lehet a fejőrobothoz való hozzászokás nehézsége, ugyanis vizsgálatomat a fejőrobot üzembe helyezése után két hónappal végeztem és azt ezt megelőző időszakban, nagyjából kétszeres lépésszámot találtam, az állatok által jól ismert, hagyományos, 2×5 állásos halszálkás fejőteremben ( $P < 0,001$ ).

Feltehetően a hagyományos fejés során a hosszabb és esetleg kevésbé szakszerű tőgy előkészítés okozhatta e különbségeket. A **13. ábrán** jól látszik, hogy a nagyobb fejőházakban gyakoribbak lépések a fejés előkészítő szakaszában. Ez nem mondató el a fejés fázisára. Ödön majorban, József majorban a fejőrobot üzemelésekor és Jászapátiban hasonló lépésszám-értékeket jegyeztem fel, míg a József majori fejőházban minden tehenészetnél nagyobb ( $P < 0,001$ ), illetve Csípőtelken és Nórápon az összes többi fejési rendszernél kisebb ( $P < 0,001$ ) lépésszám értékeket kaptam. Nórápon ritkábbak voltak a fejés közbeni lépések, mint Csípőtelken ( $P < 0,05$ ). Bár József majorban, a fejőházban regisztrált lépésszám ( $1,8 \pm 0,4$ ) az összes többi telepnél több volt ( $P < 0,001$ ), korábbi tanulmányokkal összehasonlítva még ez az érték sem tekinthető nagyinak. *Hopster és munkatársai* (1998) átlagosan 1,6 lépés/perces értéket állapítottak meg a fejés időszaka alatt egy igen kicsi, 2×3 állásos tandem elrendezésű fejőházban. Jelen vizsgálatomban e József majori fejőház kivételével minden fejési rendszerben kisebb értékeket tapasztaltam, Nórápon és Csípőtelken ez az érték nem érte el a 0,7 percenkénti lépésszámot és Jászapátiban és Ödönmajorban is alig haladta meg az 1-et. A fejés utáni várakozás alatt, József majorban, a fejőházban kisebb lépésszám-értékeket találtam, mint a többi fejési rendszerben ( $P < 0,001$ , minden fejési rendszerrel összehasonlítva). Ettől eltekintve viszonylag kicsik voltak a tehenészetek közötti különbségek.

A nagyobb fejőházakban gyakoribbak voltak a lépések a fejés előkészítő szakaszában, mint a későbbi fázisokban (**13. ábra**). Ennek oka vélhetően a gyors és intenzív tőgy előkészítés, valamint a több fejő jelenléte lehet. *Wenzel és munkatársai* (2003) fejőházi fejés során hasonló lépésszám-értékeket talált az előkészítési szakaszban, mint a fejés során. Ez a jelen vizsgálatban értékelt hagyományos fejési rendszerek közül csak Nórápon volt igaz. József majorban, a fejőrobotban szintén nem volt különbség a fejés előkészítése és a fejés között a lépésszámokat illetően. *Gygax és munkatársai* (2008) ugyanebben a fejőrobot típusban hasonló eredményeket kaptak (előkészítés: 0,9 fejés: 0,8 lépés/perc). Korábbi tanulmányok szerint az előkészítés fázisában a lépések gyakoribbak és ez a jelenség az abrak fogyasztásával hozható összefüggésbe (*Prescott és mtsai*, 1998). Vizsgálatomban megegyeztek a lépésszámok az abrakot fogyasztó és az abból nem fogyasztó állatoknál (1,2 lépés/perc, mindét esetben).

Bár a fejés közbeni lépésszámnak nincs meghatározott élettani felső határa - természetesen a 0-hoz közelítő értékek kisebb stresszre utalhatnak -, mégis, saját vizsgálatom eredményei a korábban megjelent tanulmányok eredményeivel összehasonlítva azt sugallják, hogy a fejés során tapasztalt lépésszámok egyik tehenészetben sem utalnak nagy stresszterhelésre.

A fejés előkészítési szakaszában tapasztalt nagyobb lépésszám-gyakoriság főleg a nagyobb fejőházakban jellemző és ennek oka a tőgy előkészítésének technológiájában és a fejők nagyobb számában keresendő. A kisebb fejőházakban (Nóráp) és a fejőrobotban a lépések nem gyakoriak és hasonlóan oszlanak el a fejés fázisai között. Bár a fejés alatt regisztrált átlagos percenkénti lépésszám egy telepen sem utalt számottevő stressz jelenlétére, eredményeim azt igazolják, hogy a kisebb fejőházakban, illetve fejő jelenléte nélkül az állatok kevésbé nyugtalanok a fejés során. Ennek némileg ellentmond a csípőtelki tehenészetben tapasztalt alacsony fejés közbeni lépésszám, amely a karusszeles fejési technológia állatjóléti előnyeire hívja fel a figyelmet.

## 3.2.2.2. A fejóállásban mért stressz a vizsgált fejési rendszerekben

A fejóállásban töltött idő (a fejóállás elfoglalása és a fejóállásból való kilépés közötti idő) során mért és a nyugalmi szívűködési értékek közötti különbségeket a HRV spektrális paraméterei jól mutatták a kisebb és a nagyobb méretű fejési rendszerek között. A HR-növekedés nem különbözött a fejési rendszerek között (**25. táblázat**).

**25. táblázat:** A HR ( $\text{min}^{-1}$ ) nyugalmi és fejóállásban mért értékei közötti különbségek

Fejési rendszer	HR ( $\text{min}^{-1}$ )		Relatív eltérés ( $\Delta\%$ )
	Nyugalmi érték	Fejóállásban	
József major, fejóház	72,8 $\pm$ 4,4	77,1 $\pm$ 5,2	6,2 <sup>A</sup>
József major, fejórobot	71,6 $\pm$ 4,3	76,3 $\pm$ 4,9	6,6 <sup>Aa</sup>
Nóráp	64,6 $\pm$ 3,4	63,7 $\pm$ 3,7	-1,4 <sup>B</sup>
Ödön major	82,9 $\pm$ 5,1	86,3 $\pm$ 6,0	4,1 <sup>A</sup>
Csípőtelek	76,8 $\pm$ 4,2	79,4 $\pm$ 4,3	3,4 <sup>Ab</sup>
Jászapáti	83,1 $\pm$ 5,3	86,2 $\pm$ 5,8	3,7 <sup>A</sup>

A leíró statisztika a HR nem transzformált értékein alapul. A különböző betűk szignifikáns különbséget jeleznek a nyugalmi és a fejóállásban mért értékek relatív eltérései között: <sup>ab</sup>P<0,05; <sup>AB</sup>P<0,01.

Érdekes, hogy Nórápon 1,4%-kal kisebb volt a HR fejóás közben, mint a nyugalmi érték, ez a különbség a többi tehenészetben mért értéknél kisebb volt (P<0,01). A HF csökkenésének mértéke statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt a nagyméretű fejóházakban (Ödön major, Csípőtelek, Jászapáti), mint Nórápon vagy József majorban, mindkét fejóási rendszerben (P<0,01), vagyis a paraszimpatikus aktivitás nagyobb mértékben csökkent, jelentősebb stresszt jelezve. A nagyobb fejóházakban mért stresszszintnövekedés nem különbözött egymástól és a két kisebb fejóházban, valamint a fejórobotban kapott HF-értékek relatív csökkenése is hasonló volt (**26. táblázat**).

**26. táblázat:** A HF (n.u.) nyugalmi és fejóállásban mért értékei közötti különbségek

Fejési rendszer	HF (n.u.)		Relatív eltérés ( $\Delta\%$ )
	Nyugalmi érték	Fejóállásban	
József major, fejóház	25,6 $\pm$ 4,9	22,1 $\pm$ 4,2	-15,5 <sup>B</sup>
József major, fejórobot	18,1 $\pm$ 3,9	15,7 $\pm$ 3,7	-13,3 <sup>B</sup>
Nóráp	16,9 $\pm$ 3,7	14,3 $\pm$ 3,3	-15,4 <sup>B</sup>
Ödön major	16,3 $\pm$ 3,4	11,7 $\pm$ 2,8	-28,2 <sup>A</sup>
Csípőtelek	14,9 $\pm$ 3,2	10,8 $\pm$ 2,6	-27,5 <sup>A</sup>
Jászapáti	15,2 $\pm$ 3,4	10,1 $\pm$ 2,4	-33,5 <sup>A</sup>

n.u. (normalized unit): normálérték. A leíró statisztika a HF nem transzformált értékein alapul. A különböző betűk szignifikáns különbséget jeleznek a nyugalmi és a fejóállásban mért értékek relatív eltérései között: <sup>AB</sup>P<0,01.

Eredményeim összhangban vannak azokkal a korábbi megállapításokkal, amelyek szerint a robotizált fejési rendszerekben nem maga a fejőrobot és annak működése határozza meg az állatok jóllétét, hanem inkább a tehenforgalmat biztosító technológia (Ketelaar de Lauwere, 1998; Wiktorsson és Sorensen, 2004).

Az LF/HF a HF-mutatóhoz hasonlóan nagyobb fejés közbeni stresszt jelzett a sok állással rendelkező fejőházakban (**27. táblázat**), mint József majorban vagy Nórápon, a szimpatikus tónus markánsabb erősödését mutatva ( $P < 0,01$ ). Nórápon nagyobb különbség volt az LF/HF nyugalmi és fejés során mért értékeiben, mint József majorban, a fejőházban ( $P < 0,05$ ).

**27. táblázat:** Az LF/HF nyugalmi és fejőállásban mért értékei közötti különbségek

Fejési rendszer	LF/HF		Relatív eltérés ( $\Delta\%$ )
	Nyugalmi érték	Fejőállásban	
József major, fejőház	4,0 $\pm$ 1,3	6,1 $\pm$ 1,6	52,5 <sup>Ba</sup>
József major, fejőrobot	6,8 $\pm$ 1,8	11,4 $\pm$ 3,2	67,4 <sup>Bab</sup>
Nóráp	8,8 $\pm$ 2,4	15,4 $\pm$ 3,7	75,0 <sup>Bb</sup>
Ödön major	7,1 $\pm$ 2,0	17,3 $\pm$ 4,0	143,7 <sup>A</sup>
Csípőtelek	6,9 $\pm$ 1,9	17,5 $\pm$ 4,1	153,6 <sup>A</sup>
Jászapáti	9,2 $\pm$ 2,6	23,8 $\pm$ 4,5	158,7 <sup>A</sup>

A leíró statisztika az LF/HF nem transzformált értékein alapul. A különböző betűk szignifikáns különbséget jeleznek a nyugalmi és a fejőállásban mért értékek relatív eltérései között: <sup>ab</sup> $P < 0,05$ ; <sup>AB</sup> $P < 0,01$ .

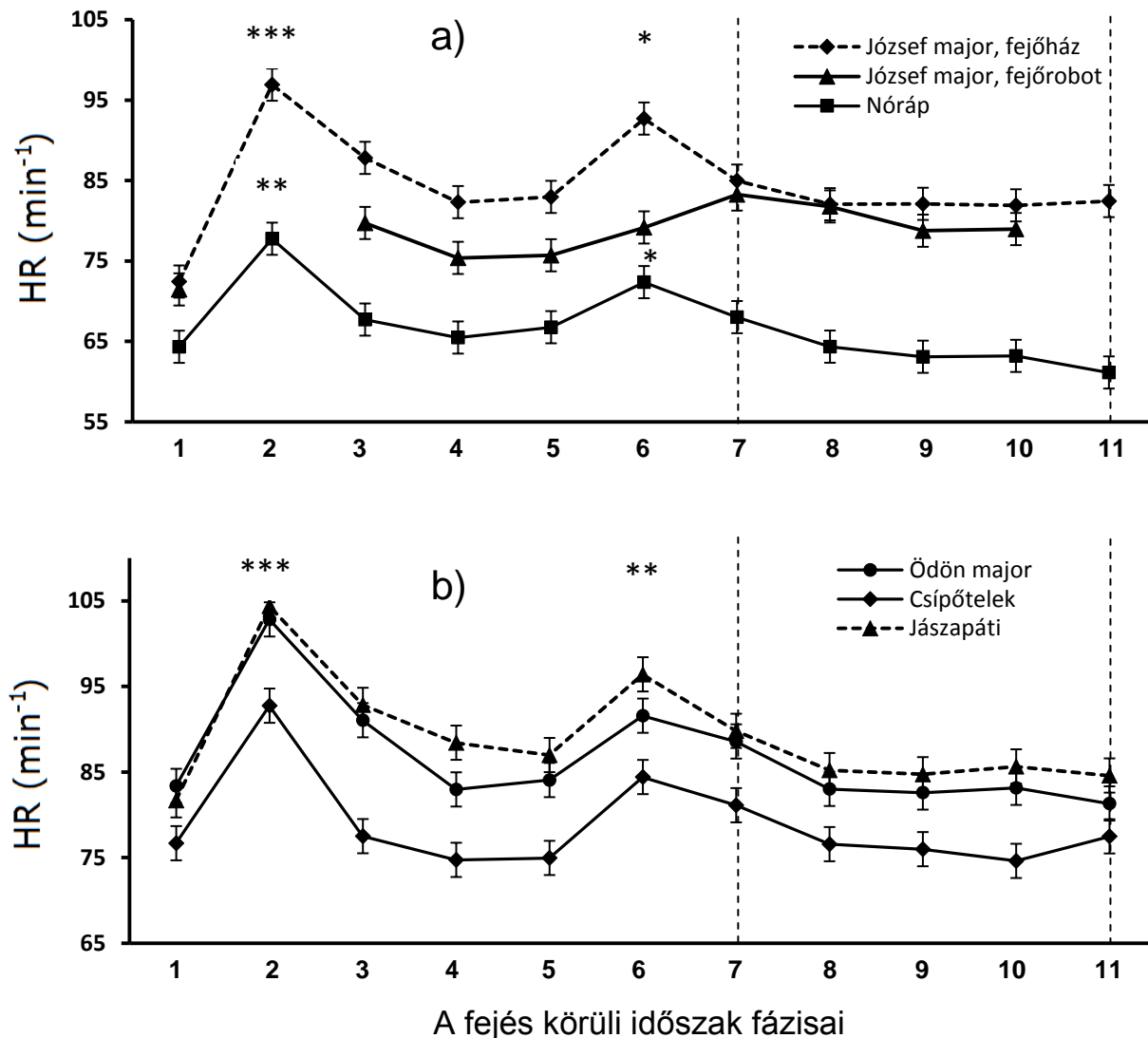
### 3.2.2.3. A HR és a HRV változása a fejés körüli időszakban

A fejésre való felhajtás minden vizsgált hagyományos fejési rendszerben a HR szignifikáns növekedését eredményezte az istállóban, nyugodt állás közben mért értékekhez képest ( $P < 0,001$ ), amely nyilvánvalóan a fokozott mozgási aktivitás következménye (**14. ábra**), ezért ebben az esetben az esetleges stressz mértékére nem lehet következtetni. Jól látható, hogy a felhajtás során tapasztalt maximum HR-értékek az előváraozóban mérséklődtek, és ez a csökkenés – egy fejési rendszert kivéve (József major, fejőház) – minden tehenészetben statisztikailag is igazolható volt ( $P < 0,001$ ). A fejőházba való belépést megelőző egy perc során szintén kiugró értékeket kaptam a hagyományos fejőházakban, ennek magyarázata az izgalom lehetett. Előfordult az is, hogy az állatok egymással 'versengve' igyekeztek minél előbb bejutni a fejőházba vagy épp ellenkezőleg: a felhajtó személynek kellett ösztönözni azokat. Mindkét esetben olyan hatások érhatték az állatokat, amelyek befolyással lehettek a szív működésre is, ezért nem zárható ki e tényezők hatása sem. Ezt látszik igazolni, hogy József majorban, a fejőrobot üzemelése alatt a HR hasonló volt a fejőegységbe való belépést megelőzően, mint a fejőegység előváraozó terébe történő belépést követően. Nem nőtt érdemben a váraozó térben töltött idő harmadik szakaszában mért értékhez képest sem (**14/a ábra**), ugyanis ebben a fejési rendszerben az állatok önként foglalhatták el a fejőegységet.

Eredményeimnek ellentmond Wenzel és munkatársai (2003) által egy termelő telepen végzett kutatási eredménye. A szerzők HR-növekedést állapítottak meg robotizált fejési rendszerben a

fejőrobotba való belépés előtti 5 percben. A fejés 1. és 5. perce között azonban a HR gyors csökkenését tapasztalták. Ez a kismértékű, a fejőegységbe való belépés előtti stressz újabb vizsgálatok szerint a robotfejéshez való hozzászokás során megszűnik (Hopster és mtsai, 2002; Weiss és mtsai, 2005). Mivel vizsgálatomban két, az idézett vizsgálatban pedig legalább két hónapja termeltek az állatok a fejőrobot beüzemelését követően, így a hozzászokásból fakadó különbségek sem okozhatták ezt az eltérést. A különbségeket vélhetően az okozhatta, hogy a német kutatók vizsgálati állatainak több mint fele első laktációját töltötte.

A kisebb állatlétszámú tehenészetek fejési folyamatát vizsgálva szembetűnőek a József majori fejőházban tapasztalt nagy HR-értékek (14/a ábra).



1: állás, 2: felhajtás, 3–5: elővárakozó, 6: a belépés előtti 1 percben, 7: fejés előkészítés, 8: a fejés 1. perce, 9: fő fejési idő, 10: a fejés utolsó perce, 11: fejés utáni várakozás. A függőleges szaggatott vonalak a fejőállásban töltött időszak kezdetét és végét jelzik. Szignifikáns eltérés a fejés előző fázisától: \* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ ; \*\*\* $P < 0,001$ .

**14. ábra:** Tejelő tehenek ( $n=219$ ) HR ( $\text{min}^{-1}$ ) értékeinek változása (átlag $\pm$ SEM) a három kisebb (a) és a három nagyobb (b) állatlétszámú tehenészetben a fejés körüli időszakban

Ebben a tehenészetben a fejés körüli időszak öt szakaszában (fejés előkészítés, fejés első perce, fő fejési időszak, fejés utolsó perce, fejés utáni várakozás) a nyugodt állásnál átlagosan 10,3 szívverés/perc értékkel nagyobb HR-t regisztráltam ( $P < 0,001$ ). Ez a HR-növekedés mások (*Hopster és mtsai, 1998; Rushen és mtsai, 1999; Gygax és mtsai, 2008*) eredményeihez hasonló volt, igaz e tanulmányokban nyugodt fekvéshez hasonlították a fejés során mért értékeket. Az állás és a fejés négy szakasza közötti különbség a robotizált fejési rendszerben átlagosan 8,7 szívverés/perc volt és az elővárakozóban mért HR növekedés is jelentősen kisebb volt, mint a hagyományos fejési rendszerben, ugyanezen a telepen. *Hopster és munkatársai (2002)* – saját vizsgálatához hasonlóan – hagyományos, tandem fejőállásokban nagyobb HR-értékeket talált, amit a fejés előkészítő szakaszában a fejők jelenlétével és az állatok számára kedvezőtlen ember–állat kapcsolattal magyaráztak. Ezzel ellentétben, *Gygax és munkatársai (2008)* robotizált fejési rendszerben nagyobb HR-ről számoltak be félig automatizált fejési rendszerekkel összehasonlítva.

Jelen vizsgálatom eredményei – ha a teljes fejési folyamatot vizsgáljuk – a hagyományos fejés okozta nagyobb stresszszintet látszanak igazolni. E különbségek hátterében azonban összetettebb élettani folyamatok állhatnak, mint pusztán a két fejési rendszer eltérő mértékű technológiából eredeztethető kihívásai. Ismert ugyanis, hogy a HRV-vel ellentétben a HR-t elsődlegesen a szervezet metabolikus szükségletei, mint az étkezés, a mozgás, valamint az emésztés határozzák meg (*Brosh és mtsai, 2004*). Ily módon a mozgási aktivitásból adódó energiafogyasztás fokozódásával a HR is megnő (*Major, 1998*). Feltételezhető tehát, hogy a fejőházi fejés során a fejés folyamatát megelőző felhajtás következtében megnövekedett HR a fejőállásban is kimutatható volt.

A József majori hagyományos fejés alatt is jelentkező nagy HR-értékek mozgási aktivitással történő magyarázatának valamelyest ellentmond, hogy Nórápon a nyugodt állás során felvett értékeknél csak az állatok elővárakozóba való hajtása és a fejőházba való belépése előtti 1 perc alatt mért HR volt szignifikánsan nagyobb ( $P < 0,001$ ), azonban a fejés öt fázisa során átlagosan 1,1 szívverés/perc értékkel kisebb volt a nyugalmi értéknél. Ráadásul, ebben a tehenészetben átlagosan a József majori tehenekhez képest 2–3-szor hosszabb utat kellett megtenniük az állatoknak a karámtól a fejőház elővárakozójáig. Mivel a két fejési rendszer egyéb paramétereit tekintve (elővárakozó mérete, a fejőterem nagysága, az állások elrendezése) hasonló volt, feltételezhető, hogy a különbségek hátterében inkább az emberi tényezők, illetve a fejés technológiák közötti különbségek állhatnak. Egy másik lehetséges magyarázata lehet eredményeimnek, hogy Nórápon a tehenek 'edzettebbek', mivel a nappali és az éjszakai időszakban is karámban, illetve legelőn vannak, többet mozognak, ezért lehettek alacsonyabbak nyugalmi és járás közbeni HR-értékeik.

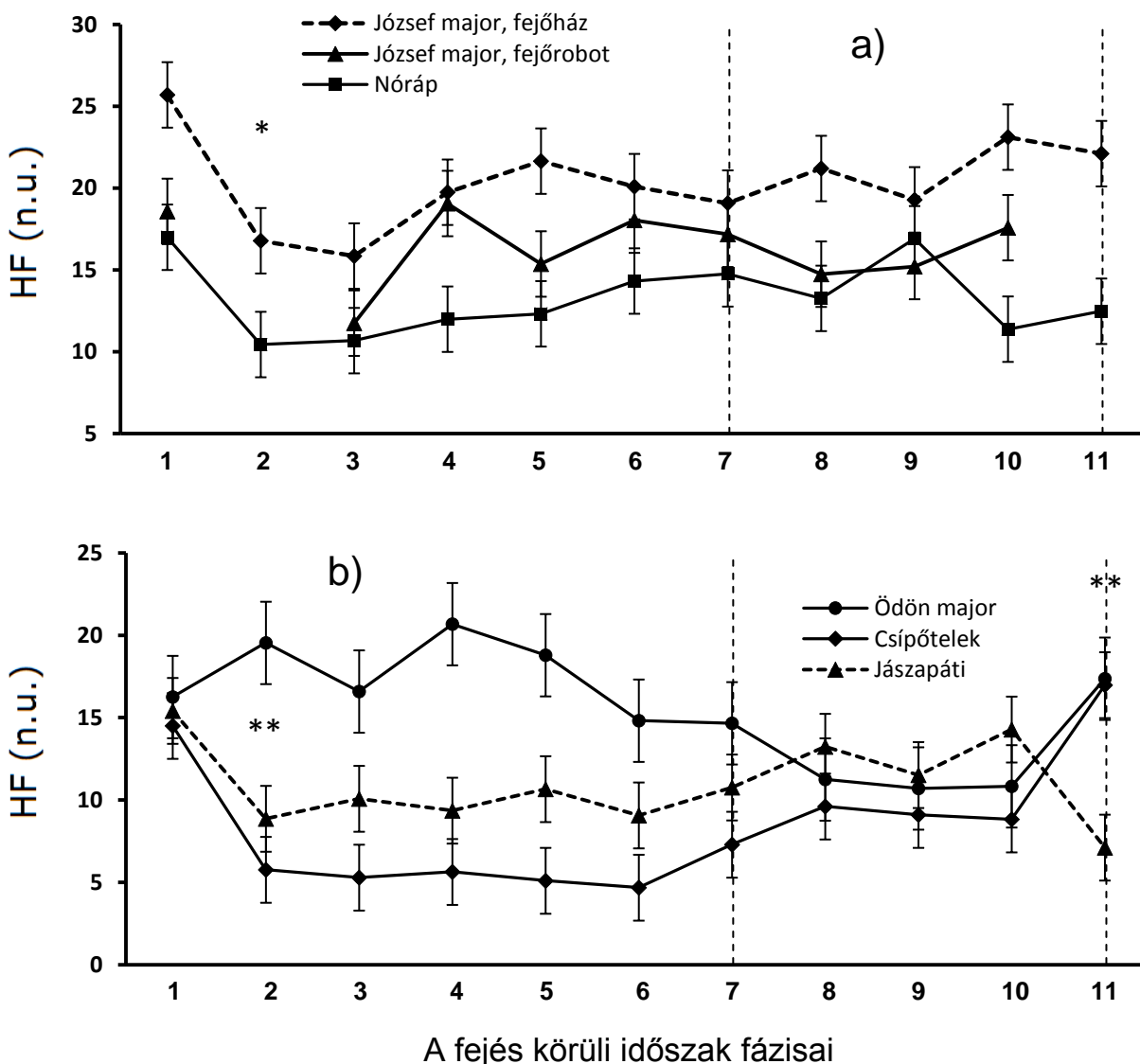
Jól látható (**14/a ábra**), hogy a fejés előkészítési szakaszában és a fejés első percében mért HR a robotizált fejési rendszerben – a csípőtelki (**14/b ábra**) tehenészet fejési rendszerétől eltekintve – minden más fejési rendszertől különbözően, nagyobb értéket vett fel, mint az elővárakozóban való várakozás során. Ennek hátterében a korábbiak alapján feltehetően nem a stressz áll, hanem a táplálkozásból adódó aktivitásnövekedés, ugyanis az állatok a fejőegységben abrakhoz jutottak.

A nagyobb állatlétszámú tehenészetekben hasonlóan változott a HR a fejés közben (**14/b ábra**). A csípőtelki fejési rendszerben az állástól csak a felhajtás, a belépés előtti egy percben mért HR és a fejés előkészítés volt statisztikailag is igazolhatóan nagyobb ( $P < 0,001$  minden esetben). Elmondható, hogy az elővárakozóban való tartózkodás és a fejés a fejőkelyhek felhelyezését követő fázisai nem okozott nagy megterhelést az állatoknak.

Az Ödön majorban és Jászapátiban mért HR-értékek között csak az elővárakozó második és harmadik fázisaiban tapasztaltam lényeges különbségeket, ugyanis míg Jászapátiban a fejőkelyhek

felhelyezését megelőző szakaszok nagyobbak voltak az állás során mért értékeknél ( $P < 0,001$ ), addig Ödön majorban az elővárakozó második és harmadik mért szakaszában a nyugalmi értékekkel statisztikailag megegyező HR-értékeket kaptam. A fejés előkészítése után Csípótelken és Ödön majorban az állással statisztikailag megegyező értékeket mértem, míg Jászapátiban a fejőkelyhek felhelyezését követő HR-értékek nagyobbak voltak a nyugalmi értékeknél ( $P < 0,05$ ). E különbség abszolútértékben (a fejés öt fázisának átlagában) azonban nem volt számottevő (2,1 szívverés/perc).

A fejés előkészítése során – a három kisebb méretű fejési rendszerrel ellentétben – Ödön majorban, Jászapátiban és Csípótelken nagyobb volt a HR, mint a fejés további fázisaiban ( $P < 0,05$ ). Ez egyrészt a több fejő jelenléte és a tőgy gyorsabb előkészítése, másrészt a mozgási aktivitás következménye lehet (a fejőház ajtajától a fejőállásig megtett hosszabb út).



A fejés körüli időszak fázisai

**1:** állás, **2:** felhajtás, **3–5:** elővárakozó, **6:** a belépés előtti 1 percben, **7:** fejés előkészítés, **8:** a fejés 1. perce, **9:** fő fejési idő, **10:** a fejés utolsó perce, **11:** fejés utáni várakozás. A függőleges szaggatott vonalak a fejőállásban töltött időszak kezdetét és végét jelzik. Szignifikáns eltérés a fejés előző fázisától: \* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ .

**15. ábra:** Tejelő tehenek ( $n=219$ ) HF (n.u.) értékeinek változása (átlag $\pm$ SEM) a három kisebb (a) és a három nagyobb (b) állatlétszámú tehenészetben a fejés körüli időszakban

A HF változásában nem találtam nagy különbségeket a fejési folyamat egymást követő fázisai között a két kisebb állatlétszámú tehenészet három fejési rendszerében. A HF mindhárom fejési rendszerben kisebb volt az elővárakozóban töltött első 5 perces időszakban a nyugalmi értéknél ( $P < 0,05$ ), azonban a fejés későbbi fázisaiban nem tért el attól (**15/a ábra**). József majorban a fejőrobot beüzemelését követően a fejőegység elővárakozó terében töltött első 5 percet követően (itt kisebb HF-értékeket találtam:  $P < 0,05$ ) a paraszimpatikus tónus aktivitása meglehetősen kiegyenlített volt és sem a nyugalmi értéktől nem különbözött statisztikailag, sem a fejési folyamat későbbi szakaszaiban nem mutatott különbségeket. A fejés utolsó perce és a fejőkelyhek levételét követő várakozás alatt a HF értéke Nórápon kevesebb, mint fele volt a József majori fejőházban mért értékeknek (Nórápon a fejés e szakaszaiban a HF csökkenése, míg József majorban a HF növekedése volt tapasztalható). Bár a HF abszolútértékeiben e különbségek szembeötlőek a három fejési rendszerben a fejési folyamat egészét tekintve (**15/a ábra**), a paraszimpatikus tónus nyugalmi értékeiben tapasztalt eltérések hasonlóak voltak a három fejési rendszerben (**26. táblázat**). Ez alapján nem valószínű, hogy bármelyik fejési technológia nagyobb stresszt okozna az állatoknak, mint a többi.

Egy vizsgálatban nagyobb stresszszintet találtak – a szintén vágusz-aktivitást mutató RMSSD paraméterrel – a fejés során egy robotizált fejési rendszerben, mint automatikus kiengedő rendszerrel ellátott fejőházban (*Gygax és mtsai*, 2008), utóbbi és egy másik fejőrobot között azonban nem találtak különbséget. Bár *Hagen és munkatársai* (2005) hagyományos, halszállásos fejési rendszerben termelő teheneknél nagyobb nyugalmi HF- és RMSSD-értékeket találtak, mint egy robotizált fejési rendszerben termelő teheneknél, fejés alatt nem találtak különbséget a két rendszerben a paraszimpatikus tónust illetően. Mindebből a robotizált fejést kiegészítő technológia krónikus stresszhatásaira következtettek. Ez véleményem szerint nem kellően megalapozott megállapítás. A krónikus stressz vizsgálatára ugyanis a nem lineáris technikákat alkalmasabbnak tartják a lineáris mutatóknál (*Orsilvia és mtsai*, 2008; *Carvalho és mtsai*, 2011; *Li és mtsai*, 2012; *Stadnitsuki*, 2012).

Mivel a jelen kutatásban vizsgált kisebb állatlétszámú tehenészetek fejőházai az idézett szakirodalommal hasonló méretűek [ $2 \times 6$  állásos halszállásos elrendezésű fejőház: *Hagen és mtsai* (2005);  $2 \times 2$  és  $2 \times 3$  állásos párhuzamos elrendezésű fejőterem: *Gygax és mtsai* (2008)], az itt kapott eredmények összehasonlíthatók a fenti kutatók eredményeivel. Az egy állásos automatizált fejési technológia által okozott és a fenti tanulmányok által feltételezett krónikus hatásokat saját eredményeim sem erősítik meg. A fejőrobot működésének időszakában a nyugodt állás közben mért HF értéke az egyik hagyományos fejési rendszerben (József major, fejőház és Nóráp) regisztrált értéktől sem különbözött statisztikailag igazolhatóan. Mindezek alapján azt állíthatom, hogy a kisebb méretű fejőházak fejési technológiájában mért HRV-értékek hasonló nyugalmi vegetatív idegrendszeri állapotokat mutatnak, mint a fejőrobot által történő teljesen automatizált fejés.

A három nagyobb állatlétszámú tehenészetben a fejési folyamat során nagyobb változatoságot tapasztaltam az állatok paraszimpatikus aktivitásában (**15/b ábra**). A fejés első percéig a jászapáti és csípőtelki tehenészetben, a fejőkelyhek levételét követően a csípőtelki és Ödön majori fejési rendszerekben tapasztalhattam hasonlóságot az állatok vegetatív idegrendszeri működését illetően. Míg Ödön majorban a fejés első percéig a HF értéke nem változott számottevően a nyugalmi értékhez képest, addig Csípőtelken és Jászapátiban a felhajtás során hirtelen csökkent ( $P < 0,01$ ), számottevő stresszt jelezve. Ez a nagymértékű paraszimpatikus aktivitáscsökkenés az állatok elővárakozóban való zsúfolódásával magyarázható, amely – az elektronikus irányítású zsúfoló kapunak köszönhetően – utóbbi két tehenészetben fennállt a fejőházba való belépés előtt is (**15/b ábra**). Ödön majorban az állatokat nem terelték ilyen eszközzel az elővárakozó térben.

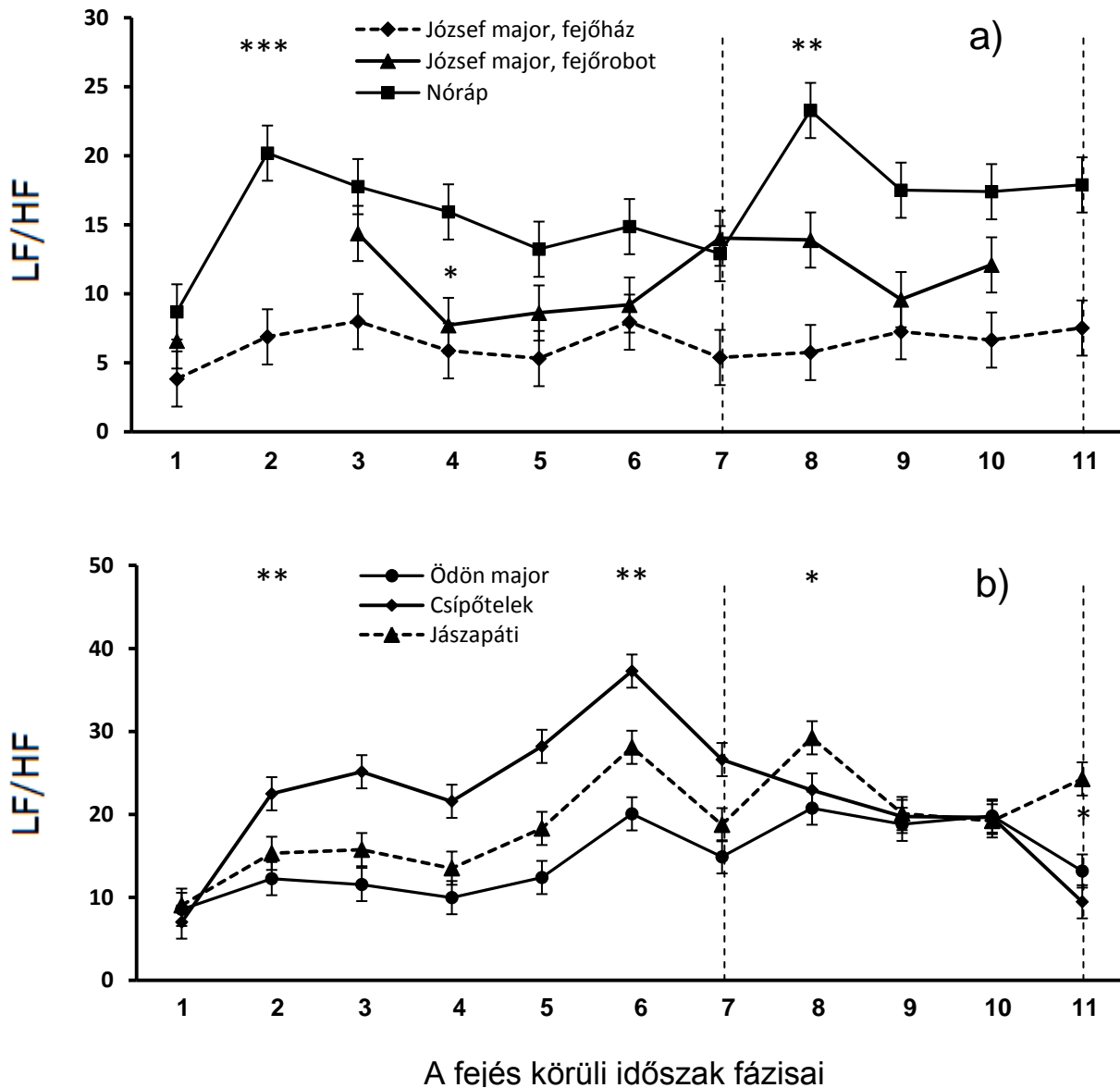


A fejés előkészítési szakaszában Csípőtelken és Jászapátiban nőtt a paraszimpatikus aktivitás ( $P < 0,05$ , mindkét fejési rendszerben). Jól látható, hogy a fejkelyhek felhelyezése és levétele közti három szakaszon mérve (fejés első perce, fő fejés, fejés utolsó perce) mindhárom tehenészetben kiegyenlített volt a vágusz tónus, Ödön majorban és Jászapátiban megközelítve a nyugalmi szintet. Csípőtelken és Jászapátiban a fejés alatt tapasztalt paraszimpatikus aktivitás növekedését vélhetően a tögyelőkészítés során termelődő oxitocin véráramba ürülése okozta (Uvnäs-Möberg és Petersson, 2005). Ezt hatásait alátámaszthatja, hogy a HF-mutató értékei ezekben a fejési technológiákban már a tögy előkészítése során is nőttek. Az Ödön majori fejőházban nem figyeltem meg ilyen hatást a fejés során.

A fejkelyhek levételét követő várakozási időszakban az Ödön majori és a csípőtelki tehenészetben a HF szignifikáns növekedését tapasztaltam ( $P < 0,01$ , mindkét tehenészetben) a fejőházban töltött korábbi fázisokhoz képest. Ezzel ellentétben, a HF értéke a fejőállásban való várakozás során Jászapátiban drasztikusan (átlagosan 7,2 normálértékkel) csökkent ( $P < 0,001$ ), minden korábban mértnél kisebb értéket felvéve. A Csípőtelken mért magas várakozás alatti paraszimpatikus aktivitás magyarázata a fejési technológia, vagyis a fejőkarusszal folyamatos, monoton forgásából származó 'nyugtató' hatás következménye lehet. Míg a többi hagyományos fejési rendszerben az automata gyors kiengedő, illetve a két kisméretű fejőházban (Nóráp és József major) kézzel irányított kiengedő felnyílásakor az állatok minél hamarabb igyekeztek elhagyni a fejőállást, addig Csípőtelken előfordult, hogy a fejés végeztével a tehenek nem hagyták el a fejőplatformot és még egy kört megtettek. Csökkentette a fejőállásban mért stresszszintet az is, hogy a karusszal kialakítása lehetővé teszi az állatok számára, hogy gyakorlatilag mindegyik velük egyszerre fejt társukkal vizuális kontaktusban legyenek.

Igen érdekes, hogy Jászapátiban a fejés e szakaszában szignifikánsan nőtt az állatok izgalmi állapota. Még érdekesebb, hogy a HF értékeiben talált változás épp ellenkező irányú volt az Ödön majori tehenészetben tapasztaltakkal (**15/b ábra**), ugyanis e két fejőház és a fejés technológiája is (beleértve az állatok fejés utáni kiengedésének módját, lásd: 3.2.1.1. fejezet) minden paraméterében megegyezett. Az egyetlen különbség a fejőállások elrendezésében volt (Ödön major: halszállás, Jászapáti: párhuzamos). Nem találtam olyan szakirodalmat, amely a halszállás és a párhuzamos fejőállás-elrendezés állatjóléti különbségeit vizsgálta. A fejés utáni tögyfertőtlenítés által okozott nagyobb stresszt a fejés utáni lépések/lábemelgetések percnkénti száma nem igazolta (**13. ábra**). Egyes tanulmányok szerint az etetésre való várakozás eustresszt okozhat (Nagy és mtsai, 2009). A jászapáti fejési rendszerben ez eredményezhette az állatok fejést követő nyugtalanságát, ugyanis e technológiában napi kétszeri, második alkalommal fejés utáni takarmánykiosztást alkalmaztak, míg Ödön majorban (és Csípőtelken is) egész nap volt takarmány az állatok előtt.

A szimpató-paraszimpatikus egyensúly jelzőszáma (LF/HF) a két kisebb fejőházban nem változott számottevően a fejőház elővárakozó terében az első 5 perces fázishoz képest (**16/a ábra**), azonban a fejőrobot üzemelésekor hirtelen stresszszint csökkenést tapasztaltam ( $P < 0,05$ ). Ennek oka, hogy a válogatókapunak köszönhetően egy időben legfeljebb 5–6 egyed tartózkodott a fejőrobot elővárakozó terében, így az állatok zsúfolódása feltehetően nem okozott stresszt. Az állatok előszeretettel pihentek ezen a területen és az is előfordult, hogy csak két óra elteltével léptek be a fejőegységbe. A három kisebb állatlétszámú tehenészetben a szimpató-paraszimpatikus egyensúly – hasonlóan a HF értékeihez – viszonylag kiegyenlített volt, (kivételek: Nórápon a fejés első percében mért nagyobb értékek).



A fejés körüli időszak fázisai

1: állás, 2: felhajtás, 3–5: elővárakozó, 6: a belépés előtti 1 percben, 7: fejés előkészítés, 8: a fejés 1. perce, 9: fő fejési idő, 10: a fejés utolsó perce, 11: fejés utáni várakozás. A függőleges szaggatott vonalak a fejőállásban töltött időszak kezdetét és végét jelzik. Szignifikáns eltérés a fejés előző fázisától: \* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ ; \*\*\* $P < 0,001$ .

**16. ábra:** Tejlő tehenek ( $n=219$ ) LF/HF értékeinek változása (átlag $\pm$ SEM) a három kisebb (a) és a három nagyobb (b) állatlétszámú tehenészetben a fejés körüli időszakban

A fejlőház/fejőegység elővárakozójában a vegetatív idegrendszeri tónus paraszimpatikus irányba tolódott el (kisebb LF/HF), míg a nagyobb fejlőházakban ennek az ellenkezője volt megfigyelhető (16/b ábra). A szimpatikus alrendszer fokozódó aktivitása az elővárakozóban töltött utolsó hat perc alatt (5. és 6. fázisok) számottevő volt. A nagyobb fejlőházakban az LF/HF az előkészítés során csökkent, míg a fejés első percében (Jászapáti:  $P < 0,001$ , Ödön major, Csípőtelek:  $P < 0,01$ ) a fő fejés alatt ( $P < 0,01$ , mindhárom telepen) és a fejés utolsó percében ( $P < 0,01$ , mindhárom telepen) – a kisebb telepekkel ellentétben – nagyobb volt a nyugalmi értékeknél. A fejés utáni várakozás alatt az LF/HF-mutató a HF-paraméterhez hasonlóan a jászapáti tehenészetben nagymértékű izgalmi-szint növekedést jelzett.

A HR változása a fejés körüli időszakban hasonló volt a kisebb és nagyobb tehenészetekben. A robotizált fejési rendszerben a fejés előkészítése során az LF/HF és a HR értékei is nőttek, amely oka vélhetően a csalogató abrak fogyasztása volt. E két mutató együttes növekedése megerősíti azt a jelen dolgozatban is tapasztalt ténytet, amely szerint a táplálkozást a szimpatikus tónus növekedése kíséri (1. vizsgálat: 3.1.2.2. fejezet, **10–11. táblázat**) és a HR tejelő tehenek szimpatikus idegrendszerei aktivitását jelzi (Hopster és mtsai, 1995; Bruckmaier és mtsai, 1997; van Reenen és mtsai, 2002; Weiss és mtsai, 2004). A HRV paraszimpatikus és szimpatikus jelzőszámai hasonlóan változtak a kisebb tehenészetekben a fejés körüli időszakban. Bár az elővárákozóban és a fejés előkészítés során adódtak különbségek, a fejőállásban mért értékek a nyugalmi értékekhez viszonyított relatív változása hasonlóan kicsi volt (**26. és 27. táblázat**), így elmondható, hogy a kis fejőházakban történő fejés nem megterhelő az állatoknak és azt sem lehet kijelenteni, hogy egyik vagy másik technológia nagyobb stresszel járna.

Ezzel ellentétben változatos eredményeket adott a nagyobb létszámú tehenészetek fejési folyamatainak vizsgálata. E telepeken a fejést megelőző időszakokban (elővárákozó, a belépés előtti 1 perc) és a fejést követő várákozás során nagy különbségeket tapasztaltam a vizsgált állatok stresszszintjében. A fejőkelyhek felhelyezése utáni időszakban a különböző telepeken hasonló, ám a nyugalmi HF- és LF/HF-értékektől eltérő (stresszre utaló) értékeket regisztráltam. A nagyobb tehenészetekben az elővárákozóban összezsúfolódó állatok megemelkedett stresszszintje a fejés során mért szív működési értékekre is hatással lehetett, amelyet a fokozott szimpatikus aktivitás jelzett.

#### 3.2.2.4. A fejés körülményeinek összefüggései a stresszel

A dolgozatban vizsgált változók és a fejés alatt mért HR- és HRV-mutatók nem álltak igazán szoros összefüggésben. Az előkészítési idő hossza egyik fejési rendszerben sem volt összefüggésben a fejés közben mért szív működési értékekkel. A fejőház elővárákozójában eltöltött idő hossza sem befolyásolta a fejés közben mért szív működési értékeket. Bár a nagyobb fejőházak elővárákozójában nagyobb stresszszintet találtam, ez feltehetően az elővárákozóban fellépő stresszorok (a zsúfoló kapuk nyomása, szociális stressz) erősségével lehetett összefüggésben. E tényezők vizsgálata nem volt tárgya a dolgozatnak. Ezek az eredmények is megerősítik mindazt, hogy a fejés során mért stresszszintbeli különbségek a fejési rendszerek között nem feltétlenül a fejés technológiájával, hanem inkább a fejés egyéb körülményeivel (pl. az elővárákozóban tartózkodó állatok száma, az egyszerre fejt állatok száma) lehetnek összefüggésben, amelyek a fejőházak méreteiből adódnak.

A várákozási idő index (VI) Ödön majorban, és Jászapátiban a HF értékeivel közepesen szoros, negatív ( $r_{\text{rang}} = -0,478$ , illetve  $r_{\text{rang}} = -0,561$ ,  $P < 0,001$ , mindkét telep esetében), míg és az LF/HF értékeivel pozitív ( $r_{\text{rang}} = 0,462$ , illetve  $r_{\text{rang}} = 0,554$ , mindkét telep esetében) összefüggést mutatott. Vagyis, a fejőkelyhek levételét követő hosszabb várákozás kisebb paraszimpatikus aktivitással és a szimpató-paraszimpatikus egyensúly szimpatikus irányba való eltolódásával jár együtt. A többi fejési rendszerben e korrelációk hasonló irányúak voltak, értékük nem érte el a 0,3-at sem. A fenti eredmények azt jelzik, hogy a fejés utáni hosszabb várákozási idő hagyományos kialakítású, nagyméretű ( $2 \times 12$  állásos) fejőházakban növelheti a fejés során a stressz mértékét, míg kisebb fejőházakban, illetve fejőrobotban a hosszabb fejés utáni várákozás nem jár együtt szignifikánsan nagyobb stresszszinttel. A vizsgálatba vont kisebb fejőházakban a fejés e szakasza egyébként is rövidebb volt (József major: 1,3 perc, Nóráp: 1,5 perc), míg Jászapátiban és Ödön majorban ez az idő-

tartam átlagosan 3,3, illetve 3,2 perc volt. Eredményeim összhangban vannak *Bickert és munkatársai* (1974) megállapításával, amely szerint a nagyobb fejőház csökkenti az elővárakozás idejét, de növeli a fejés utáni várakozás idejét, főleg, ha a csoportban levő tehenek tejleadási képessége nem egyforma, ráadásul tovább tart a tőgy utófertőtlenítése (többet kell a fejőknek sétálni).

Eredményeim alapján javasolható a nagyobb fejőházakban a fejés utáni várakozási idő csökkentése, amely a technológia oldaláról nehezen valósítható meg, ugyanis – hasonló tejtermelésű egyedekkel számolva egy fejési csoport esetében – ez az egyes tehenek fejési sebességtől és a fejőkelyhek felhelyezésének ütemezésétől is függ. Sem a leadott tejmennyiség, sem a tejleadási sebesség nem voltak összefüggésben a fejőállásban mért HR- és HRV-mutatókkal a vizsgált fejési rendszerekben. A percenkénti lépésszámok és a HR között nem adódott összefüggés egyik fejési rendszerben sem. Mindez azt jelenti, hogy a tejtermelés, a tejleadás sebessége és a fejés közbeni lépések, mint mozgási aktivitás, nem befolyásolják a szív működési értékeket.

### 3.2.3. A 2. vizsgálatból levonható következtetések

A fejés körüli időszak szív működési értékeinek vizsgálata alapján a korábbiaknál pontosabb képet kaptam a fejés során fellépő stressz szintjéről. Korábban egyesek nagyobb stresszt találtak robotizált fejés során, mint hagyományos fejési rendszerekben (*Neuffer és mtsai*, 2004; *Gygax és mtsai*, 2008), míg mások ezt nem tudták megerősíteni (*Hagen és mtsai*, 2005). E tanulmányok eredményei nem lehetnek iránymutatóak. A fenti szerzők mindegyike fekvés során felvett nyugalmi szív működési értékeket hasonlított a fejés közben regisztrált HRV-hez, azonban, jelen dolgozat 1. vizsgálatában igazoltam (3.1.1.2. fejezet), hogy a testhelyzet szignifikáns hatással van a HRV értékeire és ez különösen igaz a spektrális mutatókra. Ez azt jelenti, hogy a fejés során az állás következtében erősödő szimpatikus tónus elfedheti a technológia okozta szív működésbeli különbségeket a vizsgált fejési rendszerek között. Vizsgálatomban – a korábbi HRV kutatásokkal ellentétben – a fejés folyamatát fejőházon kívüli és fejőházon belüli fázisokra osztottam, így lehetővé vált a stressz mértékének meghatározása a fejést megelőző időszakban is, amely magyarázattal szolgál a fejés későbbi fázisaiban tapasztalt HRV-ben kimutatható, telepek közötti különbségekre.

Eredményeim alapján a nagyobb fejőházakban a fejés számottevő stresszt okoz a teheneknek, amely az elővárakozóban és egyes technológiákban a fejés utáni várakozás alatt kifejezett. A vegetatív idegrendszeri változások iránya mindezek alapján elsősorban nem a fejés technológiájától (hagyományos vagy robotizált), hanem a fejőház, illetve a hozzá tartozó elővárakozó tér méretétől, illetve az ott tartózkodó állatok számától függhet. Ezzel kapcsolatban meg kell jegyezni, hogy míg a kisebb tehenészetekben az elővárakozóban csökkent a stresszszint, addig Csípőtelken, Jászapátiban és Ödön majorban nőtt. A fejőállásban töltött idő során mért és a nyugalmi szív működési értékek közötti különbségek a kisebb és nagyobb méretű fejési rendszerek között szignifikánsak voltak.

Az automatizált fejési folyamat során mért szív működési mutatók és lépésszámok értékeinek hagyományos fejési rendszerekben mért értékeikkel való összehasonlítása nem csak állatjóléti, hanem menedzsmentbeli szempontból is hangsúlyos. Kutatásom alapján a két hónapos időszak elegendő volt az állatoknak az új fejéstechnológiához való adaptációhoz. A fejést megelőző időszakok hossza (elővárakozóban töltött idő, fejés előkészítés) nem befolyásolja a fejőállásban mért stresszszintet. A karusszeles fejési technológia – a vizsgált fejőház nagy méretei ellenére – kevésbé megterhelő az állatoknak, mint a hasonlóan nagyméretű fejőházakban történő fejőaknás fejés.

### 3.3. A rektális vizsgálat hatása a szív működésre (3. vizsgálat)

A 3. vizsgálat célja tejelő és szárazonálló tehenek stresszérzékenységének összehasonlítása volt a rektális vizsgálat alatti és az azt követő időszakban. A vizsgálat előzményeként említhető, hogy az akut stresszt/fájdalmat okozó kísérleti módszereket széleskörűen alkalmazzák a fájdalom-érzékenység kutatására embereken és állatokon egyaránt (*Terkelsen és mtsai, 2004; Stubsjøen és mtsai, 2009; Koenig és mtsai, 2013*). Kiderült, hogy míg az ember-állat-érintkezések gyakran diszkomfortérzetet (*Hagen és mtsai, 2004*), addig az állatorvosi vizsgálatok esetenként fájdalmat okoznak a szarvasmarháknak (*Minton, 1994; Petyim és mtsai, 2007*).

A rektális vizsgálat (a méhszarvak és a petefészek végbélen keresztül történő tapintása) az állatorvosi gyakorlatban a leggyakrabban végzett rutinszerű vizsgálati módszer, amely a vizsgáló tapasztalatától függően 30–60 másodpercet vesz igénybe. Az ellés utáni időszak méhüri megbetegedéseinek (*Momont, 1990; Youngquist, 1997; Leblanc és mtsai, 2002*) és a korai vemhesség megállapítására is (*Romano és mtsai, 2007*) gyakran alkalmazzák a tejelő tehenészetekben. Bár az állatorvosi vizsgálatok alkalmával a különböző viselkedési reakciók előfordulását és erősségét, illetve ezek kombinációját többen is kutatták (*Pilz és mtsai, 2012*), érdekes módon, a rektális vizsgálatra adott élettani stressz reakciókat kevesen vizsgálták.

A rektális vizsgálat, bár nem invazív, mégis, sokszor fájdalmas az állatoknak. A fájdalommal járó stresszt korábbi tanulmányokban a HHM-tengely aktivitásán (vér kortizolkoncentráció: *Nakao és mtsai, 1994; Cingi és mtsai, 2012*), illetve a HR változásain keresztül értékelték (*Waiblinger és mtsai, 2004*). Bár juhokon a közepes- és kis erősségű fájdalom értékelésére már használták az RMSSD-jelzőszámot (*Stubsjøen és mtsai, 2009*), a fájdalmas állatorvosi vizsgálatok rövid- és hosszútávú vegetatív idegrendszeri vonatkozásait még nem írták le a szív működés jelzőszámaival haszonállatokban.

A belső (zsigeri) szervekből eredő mély fájdalom fellépését erős vegetatív idegrendszeri válaszreakció követi (*Ness és Gebhart, 1990*). Mivel a rectum zsigeri szerv és csak vegetatív idegrendszeri beidegzéssel rendelkezik (*Akers és Denbow, 2013*), várakozásaim szerint a HRV vágusztónust jelző mutatói hasznosak lehetnek a rektális vizsgálatra adott stresszválaszok tanulmányozásában. Feltételezésem szerint a tejelő tehenek mérsékeltebb szív működési reakciókat adnak a rektális vizsgálatra, ugyanis e vizsgálat a laktáció első harmadában általános a vemhesség megállapítására, míg, a szárazonálló tehenek nincsenek kitéve rendszeres állatorvosi vizsgálatoknak.

#### 3.3.1. Anyag és módszer

##### 3.3.1.1. A vizsgálati állatok és a vizsgálatok helyszíne

A rektális vizsgálatra adott szív működési reakciókat 11 tejelő (tejelő napok száma:  $112 \pm 13$ ) és 12 szárazonálló (2–3 héttel a várható ellés előtt) tehenen értékeltem, a csípőtelki tehenészetben (a tehenészet részletes bemutatását lásd: 3.1.1.1. és 3.2.1.1. fejezetekben). A korai embrionális/magzati mortalitást elkerülendő, a tejelő csoportból nem vemhes teheneket választottunk. A szárazonálló tehenek vemhesek voltak.

### 3.3.1.2. Az adatgyűjtés és a HRV elemzése

E vizsgálatot 2013 novemberében végeztem egy négy napos időszak alatt. A rektális vizsgálat célja nem a vemhesség vagy a petefészkek működésének megállapítása volt, hiszen sem a petefészkekhez, sem a méhhez nem nyúltunk. Az imitált vizsgálat célja az volt, hogy felmérjem, hogy e mindennapos, a telepi munka részét képező – és korábbi megállapítások (*Nakao és mtsai, 1994; Waiblinger és mtsai, 2004*) alapján stresszel járó – beavatkozás milyen szív működési reakciókat idéz elő a két csoport egyedeiben.

Naponta összesen hat állaton végeztük el a vizsgálatot, három tejelő és három szárazonálló tehenet. Az állatokat kb. 18 órával a vizsgálat előtt válogattuk ki a vizsgálat előtti napon, az esti etetés során. A műszereket is ekkor rögzítettük rajtuk. Az etetőasztal kialakítása (nyaklefogókkal ellátva) lehetővé tette az állatok könnyű kiválogatását, majd másnap, a reggeli takarmánykiosztás után, a vizsgálatok zökkenőmentes végrehajtását is. Egyszerre három állaton végeztünk rektális vizsgálatot, 10:45 és 11:00 között. A vizsgálatot végző személyek a vizsgálat időpontjáig ismeretlenek voltak az állatok számára. A procedura előtti, alatti és utáni időszakban minden vizsgált állat mellett, mindkét oldalon tartózkodott állat, még hozzá azonos istálló csoportból. A vizsgálatot rajtam kívül gyakorlott állatorvosok végezték, kellő óvatossággal, a petefészket és a méhet nem érintve.

A rektális vizsgálat adatelemzése során a HR-t, illetve az RMSSD- és a HF-paramétereket határoztam meg, a korábban ismertetett módon, 5 perces jelszakaszokon, a következők szerint: 1) egy 40 perces időtartam alatt, a rektális vizsgálat előtt, 2) a rektális vizsgálat során és 3) 120 percen keresztül, a vizsgálatot követően. A rektális vizsgálat előtti 15 perc szolgált a HRV alapértékeinek meghatározására. A vizsgálatot megelőző, illetve a vizsgálatot követő időszakban teljes nyugalmat biztosítottunk az állatoknak.

### 3.3.1.3. Statisztikai értékelés

A HR, az RMSSD és a HF értékeinek csoportokon belüli elemzéséhez minden paraméterre külön-külön a GLM módszerét alkalmaztam (SPSS 18.0, SPSS Inc., Chicago, IL). A vizsgálati időszak különböző mérési pontjain meghatározott HRV-értékek páronkénti összehasonlítását a Bonferroni-féle post-hoc teszttel értékeltem mindkét csoportban. A szignifikancia-szint 0,05 volt.

A tejelő és szárazonálló tehenek szív működési válaszaik összehasonlításához a stresszválasz erősségét (maximum HR, RMSSD és HF, illetve e mutatók amplitúdója) tartamát (a nyugalmi értékhez való visszatérésig eltelt idő), illetve ezeket egyszerre becsülő változókat (görbe alatti terület) határoztam meg, utóbbiakat szintén mindhárom paraméter esetében. A szív működési válaszkészség GAT-mutatóit a HR esetében a rektális vizsgálatot követő 40 perc, míg az RMSSD- és a HF-paraméterek esetében a vizsgálatot követő 80 perc során határoztam meg, a *Lay és munkatársai (1996)* által leírt képlet alapján:

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

ahol HRV az adott szív működési mutató (HR, RMSSD, HF) egy adott időpillanatban, h a két HRV-érték számítása között eltelt idő és a nyugalmi érték a rektális vizsgálat előtti 15 percen mért HRV átlagos értéke.

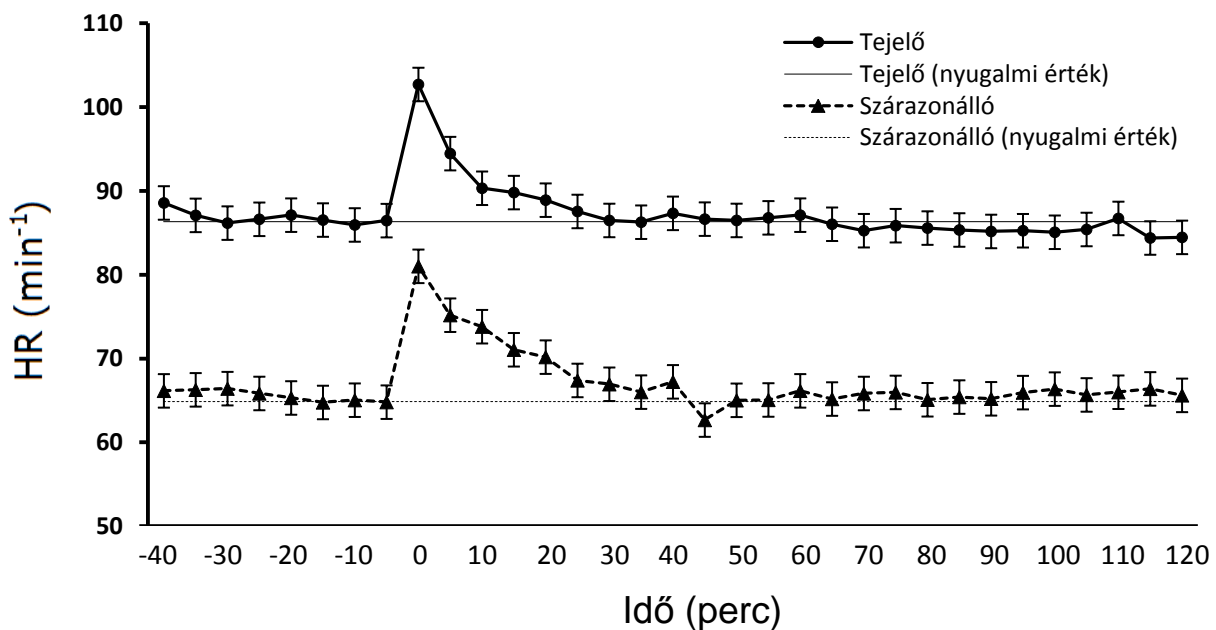
A GAT értékét a rektális vizsgálat előtti időszakban szintén meghatároztam a két csoportban. Mivel egy szív működési mutató értékében sem tapasztaltam számottevő eltéréseket a nyugalmi értéktől ebben az időszakban, egyszerűen az alábbi képlet szerint határoztam meg:

$$GAT_{\text{vizsgálat előtt}} = \sum[(HRV_n + HRV_{n+1})/2 \times h]$$

A rektális vizsgálat hatását értékelő függő változók (GAT, maximumértékek, amplitúdó, nyugalmi értékhez való visszatérési idő) transzformált értékeinek statisztikai összehasonlítását a két csoport között Friedman-teszttel végeztem.

### 3.3.2. A 3. vizsgálat eredményei és azok értékelése

A rektális vizsgálat és az azt követő két órás időszak során jól látható, hogy a tejelő és a szárazonálló tehenek szívritmusa hasonlóan változott (**17. ábra**). Mindkét csoportban hasonlóan változtak a HR-értékei az egyes 5 perces mérési időszakok során. A rektális vizsgálat előtti 40 perces időszakban a HR nem változott szignifikáns mértékben, egyik csoportban sem. A vizsgálat alatt a tejelő és szárazonálló tehenek szívritmusa is hirtelen megnőtt ( $P < 0,001$ , mindkét esetben), majd a vizsgálatot követő 5 perc során csökkent, végül mintegy 10–20 perc elteltével megközelítette az élettani (nyugalmi) értéket. A nyugalmi érték elérése után a továbbiakban a HR kiegyenlített volt mindkét csoportban.



**17. ábra:** Tejelő (●, n=11) és szárazonálló (▲, n=12) tehenek HR (min<sup>-1</sup>) értékei (átlag±SEM) a rektális vizsgálat előtt, alatt és azt követően. A rektális vizsgálatot a 0 időpontban végeztük.

A tejelő tehenek nyugalmi HR-értékei szignifikánsan nagyobbak voltak, mint a szárazonálló tehenek értékei ( $P < 0,001$ , mindkét esetben) (**28. táblázat**). Hasonlóan eredményeimhez, *Mohr és munkatársai* (2002a) is nagyobb nyugalmi HR-értékeket mértek tejelő szarvasmarhákon, mint

szárazonálló, vemhes teheneken (83 vs. 74 szívverés/perc), de a szerzők ezeket a különbségeket nem tartották mérvadónak. Jelen munkában nyugalmi HR-értékek közötti különbségek feltehetően a tejtermelő tehenek élénkebb anyagcseréjének lehetnek a következményei. Vizsgálatomat egy kifejezetten nagy tejtermelésű teheneken végeztem.

**28. táblázat:** A HR és származtatott paraméterei (átlag $\pm$ SD) a rektális vizsgálat előtt, alatt és az azt követő időszakban szárazonálló (n=12) és tejelő (n=11) tehenekben

A rektális vizsgálat hatását értékelő mutatók		HR	
		Szárazonálló	Tejelő
GAT vizsgálat előtt	szívverés	25,2 $\pm$ 18,4	13,9 $\pm$ 14,9
Nyugalmi érték	min <sup>-1</sup>	64,9 $\pm$ 5,5***	86,3 $\pm$ 4,5
Maximumérték	min <sup>-1</sup>	81,0 $\pm$ 5,6***	102,7 $\pm$ 5,8
A reakció amplitúdója	min <sup>-1</sup>	16,1 $\pm$ 4,5	16,4 $\pm$ 3,4
GAT HRV-válasz	szívverés	268,8 $\pm$ 110,1	182,9 $\pm$ 86,3
Visszatérési idő a nyugalmi értékhez	min	37,5 $\pm$ 13,1	30,9 $\pm$ 21,2

GAT: görbe alatti terület. Szignifikáns különbség a tejelő és szárazonálló csoportok között: \*\*\*P<0,001.

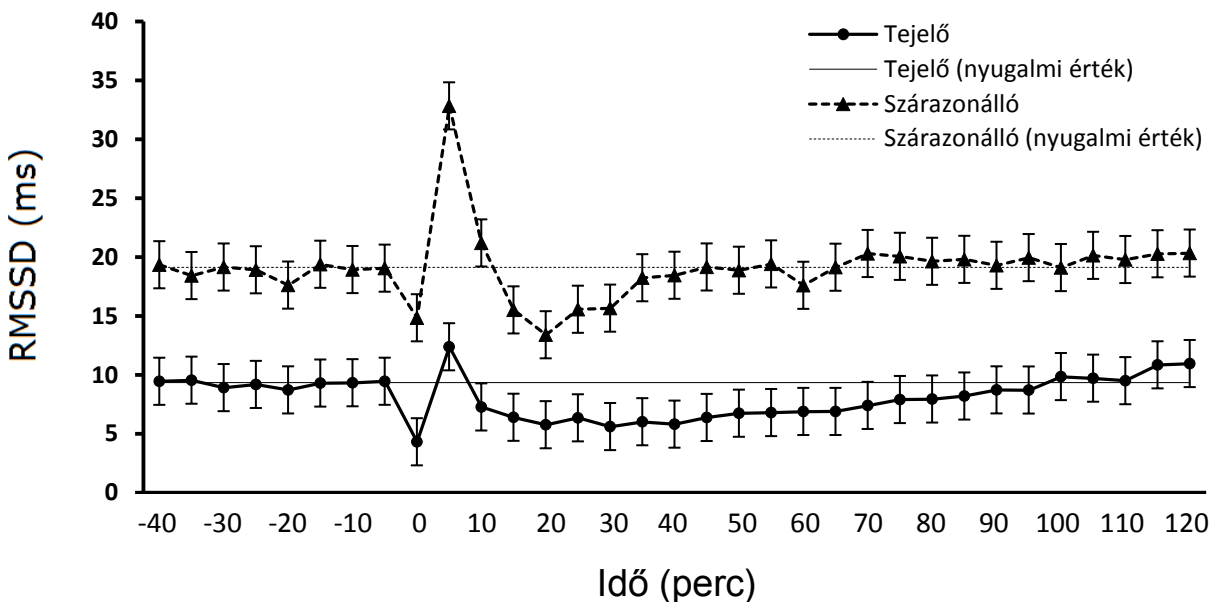
Bár a tejelő tehenek vizsgálat során mért maximum HR-értékei szignifikánsan nagyobbak voltak, mint a szárazonálló tehenek értékei, a HR amplitúdója (a stresszválasz erőssége) átlagosan 16 szívverés/perc körül alakult mindkét csoportban. Szintén rövidtávú stresszreakciók elemzésekor, bikaborjak ivartalanításakor átlagosan 15,3 szívverés/perc HR-növekedést figyeltek meg új-zélandi kutatók (*Stewart és mtsai*, 2010a), azonban az emelkedett értékek 2 perc után hirtelen csökkenni kezdtek, míg esetünkben ez a csökkenés fokozatosabb volt. Osztrák tarka és svájci barna teheneknél *Waiblinger és munkatársai* (2004) átlagosan 7 szívverés/perc HR-növekedést tapasztaltak rektális vizsgálat során, amelyet jelen kutatáshoz hasonlóan ismeretlen személyek végeztek az állatokon. Ez a HR-növekedés elmarad saját vizsgálatomban tapasztalt értékektől. A különbségek magyarázata az lehet, hogy a szerzők közvetlenül vizsgálatuk megkezdése előtt rögzítették a műszereket, azaz a minimálisan javasolt egy órás hozzászokási időt (*Mohr és mtsai*, 2002a) nem tartották be, így a nyugalmi időszakul szolgáló, a tesztet megelőző 10–20 percben a készülékek rögzítését kísérő procedura következményeként feltehetően emelkedett HR-értékeket regisztráltak. Munkánk során, *Gygax és munkatársai* (2008) iránymutatásai, illetve a csípőtelki tehenészetben az állatok 'érdeklődő' viselkedése alapján a műszereket kb. 18 órával a rektális vizsgálatok megkezdése előtt rögzítettük az állatokon. A vizsgálat előtti 40 perces időszak során nem tapasztaltunk HR-csökkenést, illetve a tejelő csoport HR-értékei és a korábban e telepen állás közben rögzített nyugalmi HR-értékek között sem találtam eltérést, vagyis eredményeimet a vizsgálatok előkészületeivel járó stressz nem befolyásolhatta. Ezt támasztja alá, hogy a rektális vizsgálat előtti időszakban az RMSSD és HF értékei kiegyenlítették voltak mindkét csoporton belül. A GAT vizsgálat előtti értékei egyik paraméter esetében sem különböztek a két csoport között, vagyis hasonló vegetatív idegrendszeri tónus jellemezte a két csoport egyedeit.



Egy másik lehetséges oka lehet a különbségnek, hogy *Waiblinger és munkatársai* (2004) egy kis létszámú kísérleti és tanüzemben végezték kutatásukat, ahol az állatok rendszeresen részesültek rektális vizsgálatban – mindezt a szerzők is alátámasztották. A különbségek a fajták közti szív működésbeli eltérésekre is visszavezethetők, ugyanis tejelő holstein-fríz teheneken *Mialon és munkatársai* (2012) bendőfolyadék-vétel punkciós eljárása során a nyugalmi és a műtét alatt mért értékek között 16 szívverés/perc különbséget állapítottak meg (80,9 vs. 96,9 szívverés/perc), amely mértéke hasonló az általam tapasztalt HR-emelkedéshez.

Mivel sem a  $GAT_{HRV}$ -válasz értékei, sem a nyugalmi értékekhez való visszatérésig eltelt idő hossza nem különbözött a két csoport között (**28. táblázat**), kijelenthető – hogy a HR-válasz erőségéhez hasonlóan – a HR-válasz időtartamára sem volt hatással a tehenek laktációs állapota.

A paraszimpatikus aktivitást jelző RMSSD paraméter értéke nem változott számottevően a rektális vizsgálat előtt egyik csoportban sem (**18. ábra**), azonban a nyugalmi értékek között nagymértékű, szignifikáns eltérést tapasztaltam a két csoport között ( $P < 0,001$ ).



**18. ábra:** Tejelő (●, n=11) és szárazonálló (▲, n=12) tehenek RMSSD (ms) értékei (átlag±SEM) a rektális vizsgálat előtt, alatt és azt követően. A rektális vizsgálatot a 0 időpontban végeztük.

A nyugalmi értékek közötti különbség az RMSSD-mutatóhoz hasonló volt a HF esetében is (**19. ábra, 30. táblázat**). A szárazonálló tehenek paraszimpatikus aktivitása közel kétszerese volt a tejelő tehenekének ( $P < 0,001$ ). Eredményeimmel ellentétben, *Mohr és munkatársai* (2002a) hasonló nyugalmi értékeket kaptak szárazonálló és tejelő teheneket vizsgálva, igaz, esetükben a tejelő tehenek tejtermelése 27 kg/nap volt, míg vizsgálatomban átlagosan 47,8 kg/nap, ami a nagyobb különbségeket eredményezhette. Eredményeim alapján kijelenthető, hogy a tejtermelés hatással van a vegetatív idegrendszeri működésre. Egy korábbi vizsgálatban – szintén nyugalomban, álló testhelyzetben mérve – az átlagos RMSSD-érték 6,6 ms, míg az átlagos HF-érték 5,2 normálérték volt tejelő tehenekben (*Hagen és mtsai*, 2005), szemben a saját vizsgálatomban számított átlagos nyugalmi értékekkel (RMSSD=9,4 ms; HF=16,2 n.u.). E különbségek a fajták közötti szív működésbeli különbségekből adódhattak (a bécsi kutatók osztrák tarka és svájci barna teheneket vizsgáltak).

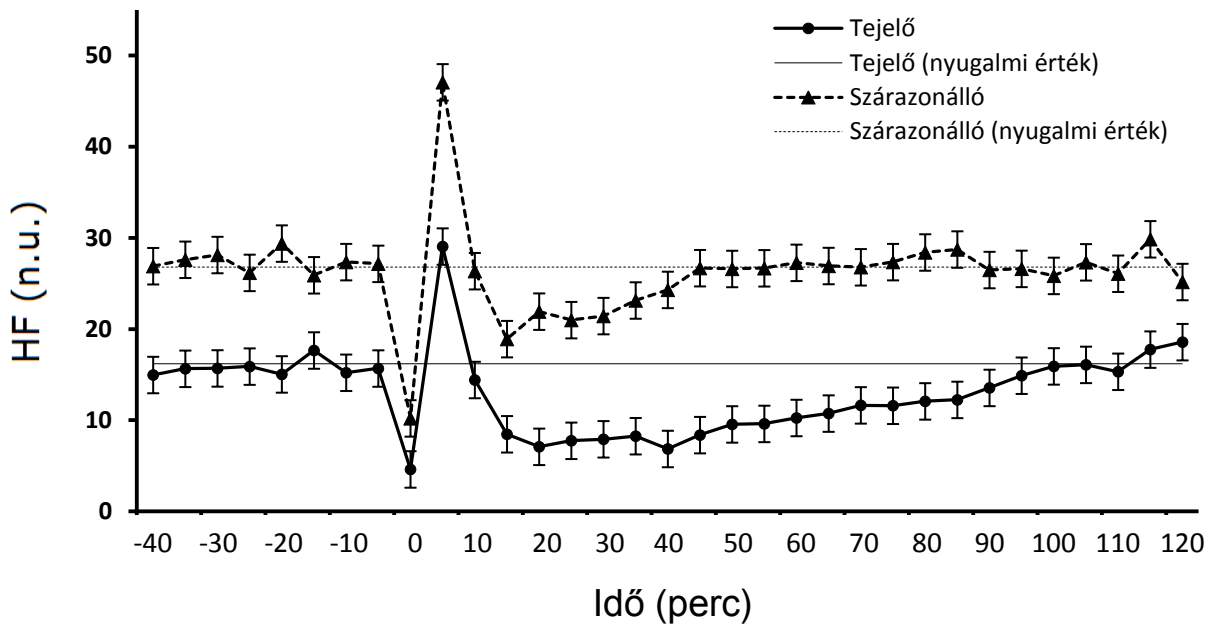
A rektális vizsgálat során mért RMSSD- és HF-értékek a szárazonálló és a tejelő teheneknél egyaránt szignifikánsan csökkentek a nyugalmi értékekhez viszonyítva ( $P < 0,001$ , mindkét csoportban), amely a paraszimpatikus aktivitás hirtelen csökkenését jelezte (**18. és 19. ábra**). A HF-mutató értékeinek csökkenése a szárazonálló tehenek esetében átlagosan 38,1%-os volt, míg tejelő teheneknél 28,5% (különbség a két csoport között:  $P < 0,01$ ). Ez jelentős stresszszintnövekedést mutat, ugyanis *Porges* (2003) Poly-vágusz elmélete alapján a fájdalommal együtt járó ingerek a paraszimpatikus tónus csökkenését okozzák. A kísérletesen előidézett fájdalom egészséges emberekben is a vágusz tonus csökkenésével jár, amelyet a HRV frekvenciatartományban számított mutatói, különösen a HF jelez pontosan (*Koenig és mtsai*, 2013). A paraszimpatikus tónus csökkenését kifejezett szarvasmarhákon a fejés utáni időszakban az RMSSD- és a HF- (*Kovács és mtsai*, 2013a), illetve az állatok számára ismeretlen fejőteremben történő fejés során az RMSSD-mutatókkal már leírták (*Sutherland és mtsai*, 2012). Nem találtam olyan szakirodalmat, amely fájdalommal járó időszakos vizsgálatok vegetatív idegrendszeri hatásait felnőtt állatokon értékelte volna. Borjak szarvtalanítása következtében fellépő akut fájdalom kimutatására vizsgálatomhoz hasonlóan alkalmasnak találták a HF-mutatót, míg lovak esetében az RMSSD és a HF értékei is különböztek a fájdalom eltérő szintjein meghatározva azokat (*Rietmann és mtsai*, 2004a).

A rektális vizsgálatot követő 5 perc során az RMSSD- és a HF-értékek mindkét csoportban maximumértéket vettek fel (**18. és 19. ábra**). Mindez a vizsgálat által okozott nagymértékű stressz után a paraszimpatikus tónus 'helyreállító' működésének lehet a következménye. E jelenséget *Stewart és munkatársai* (2010a) bikaborjak műtéti ivartalanítása utáni 5 percben is leírták. Vizsgálattomban, ezt követően, a vágusz aktivitása ismét a nyugalmi érték alá csökkent, amelyet jól jelzett mindkét mutató. A nyugalmi értékhez viszonyított növekedés a vizsgálat alatt mért RMSSD átlagértékekhez képest a szárazonálló csoportban 41,7%, míg a tejelő tehenek csoportjában 24,4% volt (különbség a két csoport között:  $P < 0,001$ ). A maximum RMSSD-értékek és az RMSSD amplitúdója is statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt a szárazonálló tehenek csoportjában a tejelő tehenek hasonló paraméterével összehasonlítva ( $P < 0,001$ ;  $P < 0,01$ , sorrendben) (**29. táblázat**).

**29. táblázat:** Az RMSSD és származtatott paraméterei (átlag $\pm$ SD) rektális vizsgálat előtt, alatt és az azt követő időszakban szárazonálló (n=12) és tejelő (n=11) tehenekben

A rektális vizsgálat hatását értékelő mutatók		RMSSD	
		szárazonálló	tejelő
GAT vizsgálat előtt	ms $\times$ min	-22,1 $\pm$ 47,5	-17,8 $\pm$ 24,7
Nyugalmi érték	ms	19,1 $\pm$ 3,3***	9,4 $\pm$ 1,2
Maximumérték	ms	32,8 $\pm$ 14,8***	12,4 $\pm$ 5,5
A reakció amplitúdója	ms	15,7 $\pm$ 13,2**	5,2 $\pm$ 3,7
GAT HRV-válasz	ms $\times$ min	-16,9 $\pm$ 206,3*	-195,2 $\pm$ 93,6
Visszatérési idő a nyugalmi értékhez	min	43,3 $\pm$ 14,2***	88,2 $\pm$ 17,9

GAT: görbe alatti terület, RMSSD (root mean square of successive differences): az egymást követő R–R-távolságok különbségeinek négyzetgyöke, ms: millisecondum. Szignifikáns különbség a tejelő és szárazonálló csoportok között: \* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$ ; \*\*\* $P < 0,001$ .



**19. ábra:** Tejelő (●, n=11) és szárazonálló (▲, n=12) tehenek HF (n.u.) értékei (átlag±SEM) a rektális vizsgálat előtt, alatt és azt követően. A rektális vizsgálatot a 0 időpontban végeztük.

A GAT származtatott, rövidtávú stresszreakció erősségét mutató paraméterei a HF esetében szintén a szárazonálló teheneknél jeleztek nagyobb stresszszintet (**30. táblázat**). A kapott eredmények megfelelnek várakozásaimnak, ugyanis a vizsgált szárazonálló teheneket kb. 8 hónappal a kísérlet időpontja előtt vizsgálták utoljára rektálisan, míg a tejelő csoport egyedei – főként, hogy a laktáció átlagosan 110. napjában járó, nem vemhes állatokat választottam – a kísérletet megelőző két hónapban 3–4 ilyen vizsgálaton is áteshettek. Eredményeim megerősítik azt a megállapítást, hogy egy gyakran ismétlődő stresszorhoz való hozzászokás csökkenti a stresszor ismételt fellépésekor jelentkező stresszválasz erősségét (Martí és mtsai, 2001).

**30. táblázat:** A HF és származtatott paraméterei (átlag±SD) rektális vizsgálat előtt, alatt és az azt követő időszakban szárazonálló (n=12) és tejelő (n=11) tehenekben

A rektális vizsgálat hatását értékelő mutatók	HF	
	szárazonálló	tejelő
GAT vizsgálat előtt	n.u. × min -20,9±39,2	-44,3±41,8
Nyugalmi érték	n.u. 26,8±5,4***	16,2±3,3
Maximumérték	n.u. 47,1±6,5***	29,1±6,4
A reakció amplitúdója	n.u. 20,3±4,5*	12,9±5,7
GAT HRV-válasz	n.u. × min -85,9±181,7***	-475,2±250,4
Visszatérési idő a nyugalmi értékhez	min 44,2±17,6***	102,8±7,9

GAT: görbe alatti terület, HF (high frequency): nagyfrekvenciás komponens, n.u. (normalized unit): normálérték. Szignifikáns különbség a tejelő és szárazonálló csoportok között: \*P<0,05; \*\*\*P<0,001.

A **29.** és **30. táblázat**okból kiderül, hogy a reakció a tejelő tehenek esetében hosszabb távú (hosszabb visszatérési idő a tejelő tehenek csoportjában:  $P < 0,001$ , mindkét mutatónál) és erősebb volt (kisebb  $GAT_{HRV-válasz}$ : RMSSD:  $P < 0,05$ ; HF:  $P < 0,001$ ). Mindezekből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy bár a rövidtávú GAT paraméterek alapján (maximum, amplitúdó) a rektális vizsgálat okozta stressz mértéke a szárazonálló tehenek csoportjában volt nagyobb, a stressz hosszabb távú hatásainak mutatói (visszatérési idő,  $GAT_{HRV-válasz}$ ) az RMSSD- és a HF-jelzőszámok esetében is a tejelő tehenek nagyobb stressz-érzékenységről tanúskodnak. Vizsgálatomban a HR a HRV-mutatókkal ellentétben nem jelzett különbségeket a tejelő és szárazonálló tehenek szív működése között. Korábbi megállapításokat erősít meg e vizsgálat eredménye, amelyek szerint a stresszválaszokat irányító mechanizmusok és a stressz mértéke nehezen jellemezhetőek, ha csak a HR-t vizsgáljuk (Sayers, 1973; Hainsworth, 1995).

### 3.3.3. A 3. vizsgálatból levonható következtetések

Összességében megállapítható, hogy a rektális vizsgálat jelentős stresszt okoz tejelő teheneknek, amely bár kimutatható a szívritmussal is, mértékét és tartamát a HRV paraszimpatikus jelzőszámai írják le pontosan. A vegetatív idegrendszeri tónus változásai ugyanis gyorsan jelentkeznek akut fájdalom fellépésekor (Ledowski és mtsai, 2012).

E kutatás eredményei arra engednek következtetni, hogy a rektális vizsgálat rövidtávon nagyobb megterhelést jelentett a szárazonálló tehenek számára. Az akut fájdalom vegetatív idegrendszeri hatásai azonban kb. 45 perc után megszűntek, míg a tejelő teheneknél a nyugalmi szintre történő visszaállítás 1,5 órát vett igénybe. További vizsgálatok szükségesek annak kiderítésére, hogy e különbségeknek élettani vagy menedzsmentbeli háttere van.

### 3.4. A krónikus stressz szív működési vonatkozásai (4. vizsgálat)

A sántaság az egyik legfontosabb állatjóléti kérdés a tejelő tehenészetekben. Amennyiben a sántaságból eredő fájdalom tartósan fennáll, a krónikus stressz a tejtermelést és a tej beltartalmi mutatóit is csökkentheti (*González és mtsai, 2008*). Haszonállatok jóléti- és stresszvizsgálataiban általában az akut stressz hatásait vizsgálták, jóllehet, a stresszorok az állattartásban a legtöbbször időszakosan ismétlődnek és a krónikus stressz az állatok jólétét és termelését nagyobb mértékben rontja, mint az akut stressz (*Dantzer és Morméde, 1983*).

A krónikus stressz szív működési vonatkozásainak vizsgálatára tejelő teheneken eddig a BSE szív működésre gyakorolt hatásainak vizsgálatára korlátozódott (*Pomfrett és mtsai, 2004; Konold és mtsai, 2011*), míg mások borjakon a BVD okozta HRV-változásokat kutatták (*Mohr és mtsai, 2002a*). Nincs azonban olyan tanulmány, amely egyes produkciós betegségek, mint pl. a sántaság és az állatok jóléte közötti összefüggéseket, illetve a sántaság következtében kialakult krónikus stressznek kitett állatok akut stresszorokkal való megküzdési képességeit a szív működéssel kapcsolatosan vizsgálná.

Az istállózott tehéntartásban a jászol a takarmányért való versengés következtében az agonisztikus és agresszív viselkedésformák leggyakoribb helye (*Miller és Wood-Gush, 1991*). Bár a sántaság következtében megváltozott táplálkozási (*González és mtsai, 2008*) és szociális viselkedés (*Galindo és Broom, 2002*) szakirodalma átfogó, arról nincsenek adataink, hogy az állatok megváltozott viselkedésének milyen összefüggései vannak a szív működéssel.

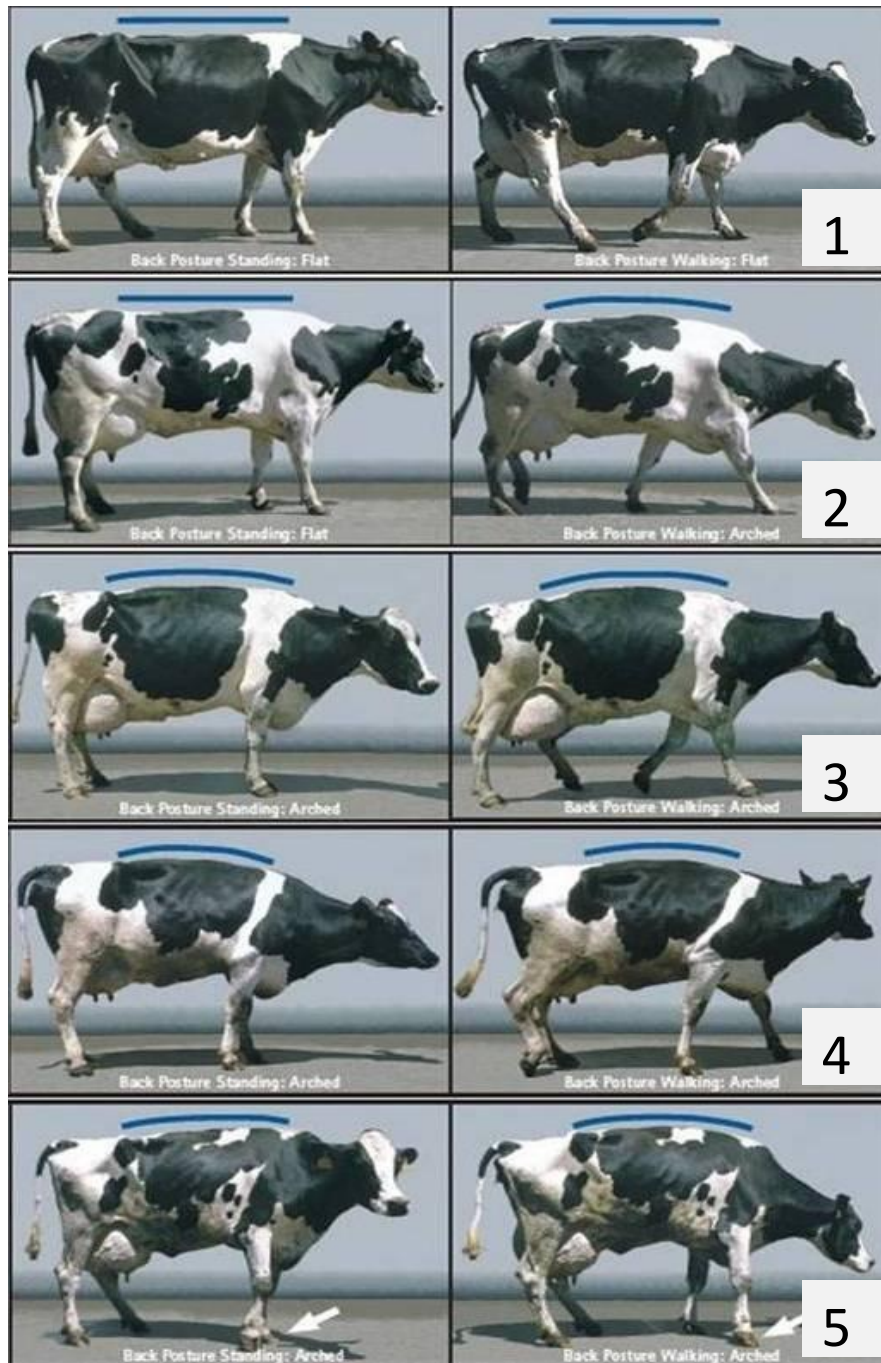
A 4. vizsgálatban a sántaság okozta krónikus stressz és az állatok nyugalmi szív működési (fekvés és állás) értékei közötti összefüggéseket kerestem. Igyekeztem a sánta és egészséges állatok takarmányfelvétel közbeni viselkedését és szív működését összehasonlítani, valamint a két vizsgálati csoport rövidtávú technológiai stresszre (hagyományos fejőházi fejés, illetve rektális vizsgálat) adott szív működési, viselkedési és hormonális válaszait értékelni.

#### 3.4.1. Anyag és módszer

##### 3.4.1.1. A kutatás helyszíne és a vizsgálati állatok

A 4. vizsgálatot az Ödön majori tehenészetben végeztem, holstein-fríz teheneken (n=108), 2012 októbere és 2013 áprilisa között. Ez az időszak kedvező volt a krónikus stressz vizsgálata szempontjából, ugyanis az emelkedett környezeti hőmérséklet nem befolyásolhatta az eredményeket (lásd: 3.1.2.6. fejezet eredményei).

Az állatok tartásmódját korábban ismertettem (1. vizsgálat: 3.1.1.1. fejezet). A teheneket párhuzamos elrendezésű, két fejőaknával rendelkező, 2×2×12 állásos fejőházban BouMatic fejőberendezéssel (BouMatic, Madison, WI, USA) fejték. A vizsgálati állatokat olyan termelési csoportokból válogattam, amelyeket az adott napon időben egymáshoz közel fejték. Az állatok kiválogatásának fontos szempontja volt, hogy csak az ellés utáni 80–200. nap közötti tehenek kerüljenek a vizsgálati mintába, hogy a laktáció elején esetlegesen előforduló anyagforgalmi zavarok ne befolyásolják az eredményt. Az állatok mozgásképét 1–5 pontos skálán határoztam meg az **20. ábra** és a **31. táblázat** szerint.



**20. ábra:** A sántaság megítélése az állatok mozgásképe alapján

A mozgáskép pontozásra három alkalommal került sor, az első alkalomra egy héttel a HRV-adatok felvétele előtt értékeltém az egyedeket. Erre azért volt szükség, hogy az akut sérülésekből adódó mozgáskép-romlást ki tudjam szűrni. Így az adott vizsgálati napon azok az állatok kerültek a vizsgálati mintába, amelyek mozgásképe megegyezett (sánta állatok esetében megegyezett vagy romlott) az egy héttel korábban megállapított pontszámmal. Az első 'szűrő' pontozást célszerűen a fejésre való felhajtás során végeztem. Mivel a vizsgálatokra hetente került sor, az első vizsgálati naptól kezdve mindezt a szív működés vizsgálatok napjain bonyolítottam le. A további két értékelést a vizsgálati napokon az állatok kiválogatásakor, majd a műszerek rögzítése után, az istállóba történő visszaengedéskor végeztem.

**31. táblázat:** A sántaság mértékének meghatározása *Sprecher és munkatársai (1997)* szerint

Pontszám	Jellemzők
1: egészséges	A tehén hátvonala állás és járás közben is egyenes
2: enyhén sánta	A tehén hátvonala állás közben egyenes, járás közben enyhén hajlott
3: közepesen sánta	A hátvonal állás és járás közben is hajlott, az állat egy vagy több lábával rövidet lép
4: sánta	A hátvonal állás és járás közben is hajlott, az egyik (vagy több) lábát kevésbé terheli
5: súlyosan sánta	A hátvonal állás és járás közben is hajlott, az egyik (vagy több) láb nagyon fájdalmas, az állat nem szívesen (esetenként egyáltalán nem) terheli

A vizsgálatba vont állatokat a fenti pontrendszer alapján két csoportra osztottam. Az 1-es és 2-es mozgásképű állatokat az egészséges, míg a 3-as, 4-es és 5-ös mozgásképű állatokat a sánta csoportba osztottam (*Cook, 2003*). A 108 tejelő tehén közül naponta 7–10 egyed szív működési értékeit rögzítettem, ezek a lehetőségekhez mérten fele-fele arányban voltak sánták és egészségesek. A HR-mérőműszerek könnyebb rögzíthetősége és a szív működés megfelelő érzékelhetősége érdekében mindkét csoportba igyekeztem hasonló kondícióban lévő egyedeket válogatni. Az állatok termelési adataikat tekintve is hasonlóak voltak a két csoportban (**32. táblázat**). A telepi adatbázis alapján kizártam vizsgálatomból a beteg (pl. tőgygyulladás), illetve a tehenészet dolgozói segítségével a szélsőségesen ideges állatokat. Az ivarzó egyedek szintén nem kerültek a mintába. A két csoport állatainak szív működését és viselkedését a következő időszakokban értékeltem (időrendi sorrendben): 1) rektális vizsgálat során, 2) az etetőasztalnál, 3) az istállóban állás és fekvés közben és 4) fejés közben. A lehető legteljesebb és folyamatos adatfelvétel érdekében részvizsgálatonként 4–5 személy (két állatorvos és két-három diplomaterves hallgató) segített nekem.

**32. táblázat:** A 4. vizsgálatba vont állatok termelési és egyéb jellemzői (átlag $\pm$ SD)

egészségi állapot	mozgáskép pont	életkor (év)	ellésszám	tejelő napok száma	napi tejtermelés (kg)	kondíció
egészséges (n=52)	1,4 $\pm$ 0,2	3,7 $\pm$ 1,1	2,1 $\pm$ 0,8	148,9 $\pm$ 12,5	37,4 $\pm$ 8,9	2,4 $\pm$ 0,4
sánta (n=56)	4,1 $\pm$ 0,8	4,3 $\pm$ 1,4	2,7 $\pm$ 1,1	149,3 $\pm$ 13,1	30,3 $\pm$ 5,6	2,2 $\pm$ 0,2

## 3.4.1.2. Viselkedésvizsgálatok és a HRV elemzése

Az EKG R–R-távolságainak rögzítését korábbi vizsgálataimhoz hasonlóan a Polar Equine RS800 CX műszerekkel végeztem, amelyeket a már korábban ismertetett módon rögzítettem az állatokon. Az R–R-adatok rögzítését 8:30 és 9:30 között kezdtem meg és az esti fejés utáni 60. percig folytattam (18:30–21:00). Az esti fejést követően az állatokat az inszemináló helyiségbe tereltem, ahol eltávolítottam róluk a műszereket.

### Rektális vizsgálat

E kísérlet célja annak megállapítása volt, hogy a rektális vizsgálat milyen vegetatív idegrendszeri és hormonális változásokat idéz elő a két csoport egyedeiben.

A rektális vizsgálatot a 3.3.1.2. fejezetben leírtak szerint végeztem, azzal a különbséggel, hogy Ödön majorban nem volt lehetőség arra, hogy minden vizsgálati állat mindkét oldalán elhelyezzünk teheneket, mert az inszemináló helyiségbe a vizsgálatban nem szereplő állatokat nem hajthattunk. A műszerekhez való hozzászokás után egyszerre három állaton végeztünk rektális vizsgálatot, 8:30 és 10:00 között. A vizsgálatot végző személyek a vizsgálat időpontjáig ismeretlenek voltak az állatok számára. A HR-t és a HRV mutatóinak értékeit a rektális vizsgálat előtt 5–10 perccel (nyugalmi érték), az 5 perces rektális vizsgálat alatt, illetve a vizsgálatot követő 15 perces időszak három 5 perces fázisa során határoztam meg. Ez utóbbi időszakban a vizsgálatot végző személyek elhagyták az inszemináló helyiséget, teljes nyugalmat biztosítva az állatoknak.

A vizsgálat alatt az állatok viselkedését a tehenekkel szemben elhelyezett és a HR-vevőkészülékekkel szinkronba hozott digitális videokamerák (Canon Legria HF M36, CANON, Japán) segítségével rögzítettem. A felvételek alapján az állatok nyugtalanságra/stresszre utaló viselkedését két független bíráló pontozta (**33. táblázat**). A viselkedésre adott pontokat átlagoltam. Az állatok lépésszámát a 2. vizsgálatban ismertetett módon határoztam meg. Azokat a lépéseket nem jegyeztem fel, amelyek a vizsgálat első 10 másodperce során a rectumba történő behatolás következményeként adódtak. A vizsgálat alatt az esetleges kérődzést, illetve vokalizációt is feljegyeztem.

A rektális vizsgálat alatt rögzített R–R-távolságok elemzése során a korábban már ismertetett szív működési mutatók közül a HR és a vegetatív idegrendszeri változásokat legpontosabban jelző spektrális mutatók (HF, LF/HF) értékeit számítottam ki.

### 33. táblázat: Az állatok rektális vizsgálat alatti általános nyugtalanságának értékelése

A viselkedés leírása	Pont
Nyugodtan áll, különösebb megfigyelhető reakció nélkül	1
Nyugodtan áll, de fülét/farkát mozgatja (pár másodpercig), ritka izomremegés figyelhető meg, fejét nem fordítja a vizsgálatot végző személy felé	2
Gyakori fülmozgatás és izomremegés, fejét a vizsgálatot végző személy felé fordítja	3

### Fekvés és állás

Az állatokat a rektális vizsgálat után 20 perccel visszatereltem a termelőistállóba. Ezt követően a tehenek takarmányhoz jutottak, majd 1–2 órán belül elhelyezkedtek a pihenőboksokban. A nyugalmi szív működési értékeket rögzítését ekkor kezdtem meg (12:00 körül) és az esti fejére való felhajtásig folytattam (ez az időpont vizsgálati naptól, így termelési csoporttól függően 17:00 és 19:00 között változott). Az állatok testhelyzetét és viselkedését ebben az időszakban folyamatosan figyelemmel kísértem. A későbbi elemzésnél azokat az időszakokat vettem figyelembe, amikor az állatok nyugodtan (nem kérődzve) feküdtek a pihenőboksokban (**22. kép**) vagy nyugodtan álltak az istálló bármely részén (**23. kép**).





22. és 23. kép: A vizsgálati állatok nyugodt fekvés és állás közben (Ödön major)

*Fotók:* Kézér Fruzsina Luca (22. kép) és Jurkovich Viktor (23. kép)

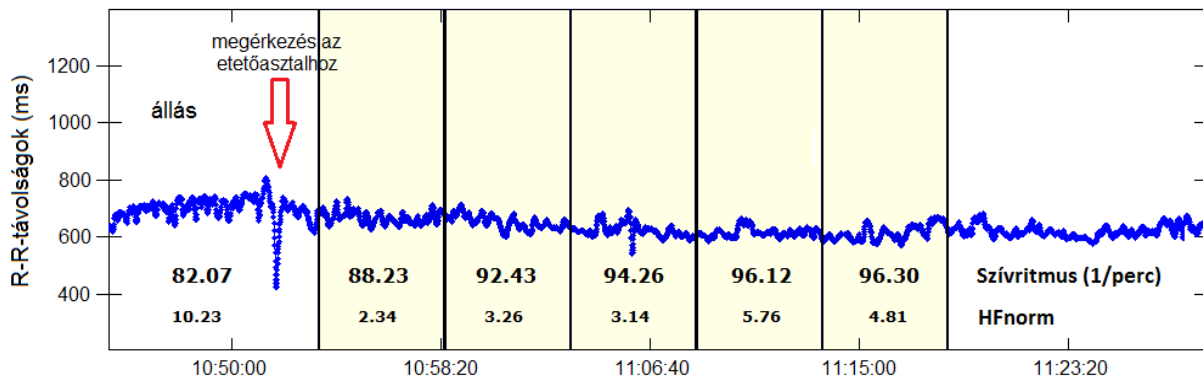
Az állás és fekvés közbeni nyugalmi szakaszok feljegyzésének módszere és feltételei megegyeztek az 1. vizsgálatban (3.1.1.3. fejezet) leírtakkal. A két csoportban, a leggyakrabban használt HRV-mutatókon kívül (HR, RMSSD, HF, LF/HF, SD1, SD2/SD1) a HRV geometriai (RRtri, TINN) és fekvő testhelyzetben néhány nem lineáris [ $L_{MAX}$ , Shannon entropy, DFA1, DFA2, Correlation dimension (CD)] mutatóját is meghatároztam. Egy-egy állatról nyugodt fekvés közben átlagosan 52 perc, míg nyugodt állás közben átlagosan 13 perc adatot tudtam gyűjteni. Így összeségében a 4. vizsgálat teljes vizsgálati időszakban fekvés közben 1020, míg állás közben 280 db 5 perces R–R-távolságon elemezhettem a tehenek szív működését.

### *Takarmányfelvétel*

A két vizsgálati csoport állatainak etetőasztalnál való viselkedését és szív működését az esti fejés előtti felhajtásig folyamatosan rögzítettem. A rektális vizsgálatot követően az állatok legtöbbször az etetőasztalhoz mentek, azonban az istállóba való visszaterelés során megnövekedett mozgási aktivitás vélhető hatásainak kizárása miatt az adatfelvételt 30 perc után kezdtem csak meg.

A szív működési értékek felvételét az etetőasztalhoz való megérkezést követő 3. perc után kezdtem meg, ugyanis ekkor – tapasztalataim szerint – a hirtelen aktivitásnövekedés (csoporttársak közé való beférkőzés, és a takarmányfelvétel megkezdése) az R–R-távolságokban műhibákat eredményezhet (21. ábra). A 21. ábrán is látható módon, HR és a HRV-mutatók (RMSSD, HF, LF/HF, SD1, SD2/SD1) értékeit 5 perces jelszakaszokon határoztam meg. Mivel a sánta és egészséges tehenek szív működését az etetőasztalnál mutatott viselkedéssel párhuzamosan kívántam elemezni, így az állatok társas érintkezéseiből adódó helyváltoztatásoknál nem függesztettem fel az adatrögzítést.

A folyamatos adatfelvétel előfeltétele volt, hogy az állat az etetőasztaltól való eltávolodása nem tarthatott tovább 15 másodpercnél, illetve az, hogy takarmányfelvétel közben az állatok mindkét oldalán tartózkodjon másik egyed (nem feltétlenül vizsgálati állat). Amennyiben 15 másodpercet meghaladó ideig nem tartózkodott az állat az etetőasztalnál, illetve nem tartózkodott mellette másik tehen, felfüggesztettem az adatrögzítést. Ezeknek a feltételeknek állatonként átlagosan 3,3 (1–7) 5 perces R–R-távolság felelt meg, így összesen 352 R–R-szakaszt elemezhettem a későbbiekben. Az egyes takarmányfelvételi szakaszok kezdő és végpontjait a HR-vevőkészülékekkel szinkronba hozott karórám segítségével jegyeztem fel. Az állatok viselkedését a táplálkozás közben a szomszédos egyedekkel folytatott agresszív, illetve a társakkal szemben mutatott pozitív viselkedési elemek száma alapján értékeltem (24. kép).



21. ábra: A szívritmus és a nagyfrekvenciás komponens (HF) értékei takarmányfelvétel közben



24. kép: A szív működés vizsgálata takarmányfelvétel közben (Ödön major)

Fotó: Jurkovich Viktor

Agresszív viselkedésként jegyeztük fel a társakkal szembeni ökleléseket és az etetőasztaltól való ellökéseket. Pozitív viselkedésként a társak nyalogatását, tisztogatását regisztráltam. A viselkedés elemzésekor a következő változókat határoztam meg a két csoportban:

**Agresszió Index (AI).** Az egyed agresszív viselkedési elemeinek száma/az összes agresszív interakció, amelynek részese volt (elkövetőként vagy elszenvedőként).

**Társas Viselkedés Index (TVI).** Az egyed pozitív társas megnyilvánulásainak (társak nyalogatása) száma/az összes pozitív érintkezés, amelynek részese volt. Azokat az érintkezéseket, amelyek az állatok HR-vevőkészülékek iránti érdeklődéséből adódtak, nem jegyeztem fel.

Ezek alapján három csoportba soroltam az állatokat:

$0 \leq AI \leq 1$  pont: nem agresszív;  $1 < T \leq 2$  pont: átlagos;  $2 < T \leq 3$  pont: agresszív

$0 \leq TVI \leq 1$  pont: antiszociális;  $1 < T \leq 2$  pont: átlagos;  $2 < T \leq 3$  pont: szociális.

Az állatok viselkedését 2 db videokamerával, illetve a teljes vizsgálat alatt álló etetőasztal-hossz lefedése érdekében 3–4 segítőmmel vizuálisan figyeltem meg. Utóbbi esetben igyekeztünk a lehető legkevésbé zavarni az állatokat, ezért a vizsgálati állatokkal szemközti etetőasztalnál foglaltunk helyet, a vizsgált helyszínektől mintegy 4–5 m-re.

#### *A fejés körüli időszak*

A fejés körüli időszak vizsgálatára 17:30 és 20:30 között került sor. A fejést megelőző időszakokat (kezdve az állatok felhajtásától) vizuális megfigyeléseim alapján különítettem el, míg a fejőházban eltöltött idő egyes fázisait a 2. vizsgálatban (3.2.1.3. fejezet) részletesen leírtak szerint határoztam meg. A HR-t és a HRV spektrális mutatóinak (HF, LF/HF) értékeit az **34. táblázatban** ismertetett fázisok során határoztam meg.

#### **34. táblázat:** A fejés körüli időszak értékelt fázisai

A fejés körüli időszak fázisai	Meghatározás
1 Felhajtás	A felhajtás kezdete (az állat a felhajtó ösztönzésére elindul a fejőház felé) és az elővárákozóba való belépés közötti időtartam
2 Elővárákozó 1	Az elővárákozóba lépés után mért 5 perces időtartam
3 Elővárákozó 2	a 2. fázis végétől és a 4 fázis elejétől az R–R-görbén azonos távolságra felvett 5 perces szakasz
4 Elővárákozó 3	A fejőházba történő belépés előtti 6. perctől az 1. percig számított időtartam
5 Fejés előkészítés	A fejőállás elfoglalása (az állat mind a négy lábával a fejőállásban áll) és a fejőkelyhek felhelyezése közötti időtartam
6 A teljes fejési idő	A fejőkelyhek felhelyezése és levétele közötti időtartam
7 Fejés utáni várakozás	Az utolsó fejőkehely levétele és a fejőállásból való kilépés (mind a négy lábával) közötti időtartam

A fejés három elkülönített fázisa (fejés előkészítés, fejés, fejés utáni várakozás) során a lépésszám-értékeket a korábban leírtak (2. vizsgálat, 3.2.1.3. fejezet) szerint jegyeztem fel. A fejés körüli időszakban összesen 104 állat szív működését elemezhettem, ugyanis négy állat esetében az EKG-jelek észlelése a felhajtás során, illetve az elővárákozóban megszűnt.

#### 3.4.1.3. A vér és a bélsár kortizolkoncentrációja

A vérmintákat három időpontban gyűjtöttem: 1) nyugalmi időszak: az állatok kiválogatása utáni nyugodt állás során; 2) a rektális vizsgálatot követő 10–15. perc között és 3) a fejést követő 10–15. perc között, a műszerek eltávolítását megelőzően. A bélsármintákat két alkalommal gyűjtöttem, először a rektális vizsgálat végeztével (8:30 és 10:00 között), majd az esti fejés után, a műszerek eltávolításakor (18:30 és 21:00 között).

A vérmintákat farokvénából vettem (kb. 7 ml-t Monovette alvadásgátló nélküli vérvételi fecskendőbe [Sarstedt AG&Co, Nümbrecht, Németország]), majd további felhasználásig olvadó jég közé helyeztem azokat. A vérvételek átlagosan 20 mp-et vettek igénybe. A szérumot a vizsgálati napok estéjén választottuk el a vérplazmától. A vérsavót a mérésig  $-20^{\circ}\text{C}$ -on tároltam. A vér kortizolkoncentrációját a szarvasmarhák vérplazmájára kifejlesztett H3-RIA technikával (*Möstl és mtsai*, 2002), míg a bélsárminták kortizolszintjét az 1. vizsgálatban (3.1.1.5. fejezet) leírtak szerint határoztam meg.

#### 3.4.1.4. Statisztikai értékelés

A sánta és egészséges tehenek szív működési és viselkedési adatainak statisztikai értékelését az SPSS 18 (SPSS Inc., Chicago, IL) programcsomaggal végeztem. A fekvés, állás és takarmányfelvétel közben meghatározott HR- és HRV-értékek, az etetőasztalnál megfigyelt viselkedési mutatók, illetve a reggel és este gyűjtött bélsárminták kortizolkoncentrációinak értékeit a Mann-Whitney-teszttel hasonlítottam össze a sánta és egészséges csoportok között, 0,05 szignifikancia szinten. A fejés elkülönített fázisai során mért HRV és lépésszám értékek összehasonlítására is ugyanezt a módszert használtam.

A rektális vizsgálat előtti, alatti és az azt követő 15 perc során számított HR és HRV-mutatók (HF, LF/HF) értékeit a sánta és egészséges állatok csoportjában külön-külön a GLM módszerével határoztam meg. A kondíció, az ellésszám és az életkor, mint folytonossági változók, a napi tejtermelés, mint kovariáns, a rektális vizsgálat szakaszai, mint faktorok, a tehen, mint random hatás, míg a vizsgált szív működési mutatók függő változóként szerepeltek a modellben. A vizsgálatot megelőző nyugalmi időszakban, a vizsgálat során és az azt követő 5 perces időintervallumok során becsült átlagértékek páronkénti összehasonlítását a Bonferroni-féle post-hoc teszttel értékeltem. A szignifikancia-szint 0,05 volt. A rektális vizsgálat során feljegyzett viselkedési jellemzőket (nyugtalanság, lépésszám, kérődzés, vokalizáció) a Mann-Whitney-teszttel hasonlítottam a két csoport állatai között. A szignifikancia-szint 0,05 volt.

A rektális vizsgálat előtti nyugalmi, a vizsgálat utáni (10–15 perccel a vizsgálatot követően) és a fejés utáni (10–15 perccel a fejést követően) vérminták szérum kortizolkoncentrációinak összehasonlítását a sánta és egészséges csoportokban külön-külön a Wilcoxon-féle előjeles rangszám-próbával hasonlítottam össze, 0,05 szignifikancia szinten. A tesztek előtt az egyes szív működési és viselkedési mutatók, illetve a hormonszintek szóráshomogenitását a Levene's-teszttel értékeltem.

#### 3.4.2. A 4. vizsgálat eredményei és azok értékelése

##### 3.4.2.1. A fekvés és állás közben mért HR és HRV

A fekvő testhelyzetben meghatározott HR és a HRV-mutatók mindegyike különbözött a sánta és az egészséges csoportok között (**35. táblázat**). A sánta tehenek szívritmusa kisebb volt, mint egészséges társaiké. Eredményeimmel ellentétben, krónikus stressz összetett formáinak (éheztetés és a mozgás korlátozása: *Flak és mtsai*, 2011) és krónikus szociális stressznek (*Lemaire és Morméde*, 1995) kitett patkányok HR-értékei nem különböztek a kontroll állatok szívritmusától. A HR-ben kapott eredményem korábbi, krónikus fájdalommal, illetve fáradtsággal járó betegségekben

szenvető embereken végzett kutatásokkal sincs összhangban (*Winkler, és mtsai, 2004; Meeus és mtsai, 2013*), e tanulmányok ugyanis nem találtak különbséget az érintett páciensek és az egészséges alanyok szívritmusa között.

Bár *Austin és munkatársai (1997)* bradycardiát találtak BSE-pozitív állatoknál – amely szintén a krónikus stressz HR-t csökkentő hatásairól árulkodik –, a sánta állatok kisebb nyugalmi szívritmusa inkább a több fekvéssel töltött idővel (*Singh és mtsai, 1993; Walker és mtsai, 2008; Chapinal és mtsai, 2009*) és kevesebb kéréssel (*Almeida és mtsai, 2008*) magyarázható. A sánta tehenek csökkent napi aktivitását (*O' Callaghan és mtsai, 2003*), és takarmányfelvételét (*Palmer és mtsai, 2012*) és a jászolnál töltött idő csökkenését (*González és mtsai, 2008*) többben is leírták.

Vizsgálatomban a sánta tehenek idő- (RMSSD) és frekvencia-tartományban (HF), valamint a Poincaré-grafikkal számított (SD1) nyugalmi HRV-értékei nagyobbak, míg LF/HF- és SD2/SD1-értékeik kisebbek voltak, mint az egészséges állatoké (**35. táblázat**).

**35. táblázat:** Sánta és egészséges tejelő tehenek HR- és HRV-értékei (átlag±SD) fekvő testhelyzetben

Szívműködési mutatók	Egészségi állapot		Statisztika	
	Egészséges (n=52)	Sánta (n=56)	Mann–Whitney U	P-érték
HR (min <sup>-1</sup> )	75,4±6,7	66,1±5,2***	11746	0,000
RMSSD (ms)	16,6±9,6	28,2±16,1**	32622	0,009
RRtri (ms)	7,1±2,3	4,7±1,7***	22385	0,000
TINN	180,9±45,3	126,4±30,0***	25034	0,000
HF (n.u.)	29,5±9,3	62,4±16,4***	4245	0,000
LF/HF	2,8±1,3	1,1±0,5***	4641	0,000
SD1 (ms)	11,5±4,3	16,2±5,1*	32981	0,016
SD2/SD1	4,9±2,5	3,0±1,9***	14272	0,000
L <sub>MAX</sub>	280,3±79,3	216,3±62,3***	23587	0,000
Shannon entropy	3,9±0,4	3,3±0,3**	28898	0,007
DFA1	1,4±0,2	1,1±0,1***	12618	0,000
DFA2	1,3±0,2	1,0±0,1*	33611	0,038
CD	0,6±0,3	0,4±0,2***	19589	0,000

A leíró statisztika a HRV-értékek nem transzformált értékein alapul. Szignifikáns különbség a sánta és az egészséges tehenek csoportjai között: \*P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,001.

Ezek az eredmények az érintett tehenek fokozott paraszimpatikus idegrendszeri aktivitását és a szimpatoparaszimpatikus egyensúly paraszimpatikus irányba való eltolódását jelzik. Saját vizsgálatom eredményeivel összhangban, az RMSSD (*Pomfrett és mtsai, 2004*), illetve a HF értékeinek (*Little és mtsai, 1996*) növekedését tapasztalva a vágusz tónus túlsúlyát állapították meg a BSE-pozitív állatoknál. Azt azonban nehéz megállapítani, hogy a BSE – bár krónikus betegség – okoz-e fájdalmat az állatoknak. A tejelő tehenek jóllétével foglalkozó tanulmányok a sántaságot a

fájdalom következtében kialakuló mozgászavarnak tartják (*O'Callaghan, 2002; Weary és mtsai, 2006*), azonban a krónikus fájdalom vegetatív idegrendszeri vonatkozásait állatokon még nem vizsgálták a HRV mutatóival. Ennek oka az lehet, hogy a vegetatív idegrendszeri működés tanulmányozása lényegesen könnyebb kísérletesen előidézett akut stresszorok alkalmazásával.

Humán vizsgálatok a fibromyalgiában (krónikus izomfájdalom-szindróma) szenvedő alanyok esetében nagyobb paraszimpatikus aktivitást tapasztaltak egészséges személyekkel összehasonlítva (*Lerma és mtsai, 2011*). A sánta állatok kontrolltehenekénél magasabb pihenés közbeni vágusz tónusa szintén a krónikus fájdalom és – a szívritmussal ellentétben – nem a csökkent napi aktivitás következménye lehet. A fizikai aktivitás csökkenése ugyanis nem okoz növekedést a paraszimpatikus idegrendszeri aktivitásban, hanem épp ellenkezőleg, a vágusz tónus csökkenését eredményezi (*Nagai és mtsai, 2003; Nagai és Moritani, 2004*).

Az RRtri- és a TINN-mutatók nyugalmi értékei kisebbek voltak a sánta teheneknél, mint az egészségeseknél. Ezek a jelzőszámok az R–R-távolságok változékonyságát általánosan írják le (*Task Force, 1996*) és csökkenésük stresszt jelez (*Hejmel és Gál, 2001*). Geometriai elemző módszereket korábban nem használtak haszonállatok szív működésének vizsgálatában, alkalmazásuk a humán kardiológia területén azonban általános. Krónikus érzelmi distressz (*Ramaekers és mtsai, 1998; Orsilia és mtsai, 2008*), elhízás (*Vanderlei és mtsai, 2010*), krónikus keringési (*Li és mtsai, 2012*) és légzőszervi megbetegedésekben (*Carvalho és mtsai, 2011*) szenvedő pácienseknél tapasztaltak kisebb nyugalmi RRtri- és a TINN-értékeket kontrollalanyokkal összehasonlítva.

Eredményeim igazolták a geometriai HRV-mutatók alkalmazását a krónikus stressz kimutatására tejelő teheneken. Az R–R-távolságok háromszög-mutatóinak meghatározása különösen hosszabb adatfelvétel során lehet célravezető, amikor a hibás jelek előfordulása gyakoribb. Az RRtri- és TINN-paraméterek megbízhatóságát ugyanis kevésbé befolyásolja a rögzített adatok minősége (*Brennan és mtsai, 2002*).

A nem lineáris mutatók mindegyike ( $L_{MAX}$ , Shannon entropy, DFA1, DFA2, CD) statisztikailag igazolhatóan kisebb volt a sánta teheneknél, mint az egészségeseknél. Korábban az RQA módszerrel számított nem lineáris mutatókat (különösen az  $L_{MAX}$ -mutatót) hasznosnak találták a krónikus stressz vizsgálatokor (*Mohr és mtsai, 2002a*), míg *von Borell és mtsai (2007)* szerint az  $L_{MAX}$  csökkenése káoszt jelez az R–R-adatsorban. Eredményeim mindezzel összhangban a sánta tehenek nagyobb stressz terheléséről árulkodnak.

A DFA módszerét korábban nem használták haszonállatok szív működésének vizsgálatára és az orvosi kutatásokban is viszonylag új módszernek tekinthető (*Shono és mtsai, 2000*). Humán kutatások egyetértenek abban, hogy a DFA mutatóival az egészségi állapot és a jóllét a számszerűsíthető (*Goldberegér és mtsai, 2002; Stadnitsuki, 2012*), míg mások a vegetatív idegrendszeri működés tanulmányozására is hasznosnak találták (*Perkiomaki és mtsai, 2002; Castiglioni és mtsai, 2011*). *Krstacic és munkatársai (2012)* a DFA paraméterek csökkenését a szimpatikus tónus csökkenésével hozták összefüggésbe, amelyet vizsgálatom eredményei is megerősítenek, ugyanis az LF/HF- és az SD2/SD1-mutatók a DFA1- és a DFA2-mutatókkal együtt kisebbek voltak a sánta teheneknél. Bár a DFA2 abszolútértékeiben nem volt nagy különbség a két csoport között, az eltérés mégis szignifikánsnak adódott. Ez alátámaszt egy korábbi humán vonatkozású megállapítást, amely szerint a HRV nem lineáris összetevői az értékeikben jelentkező kis véletlen hiba miatt pontosan mutatják a krónikus stresszt és alkalmasak a krónikus betegségek diagnosztizálására (*Maestri és mtsai, 2007*). A CD mutatót többen is hasznosnak találták a HRV nem lineáris elemeiben jelentkező patológias jelenségek kimutatására, amely értéke – vizsgálatomhoz hasonlóan – kisebb volt szívbe-

teg alanyoknál, mint egészséges embereknél (*Acharya és mtsai, 2004*). *Melillo és mtsai (2011)* mentális stressz fellépésekor tapasztaltak a CD értékeiben csökkenést.

Az álló testhelyzetben mért HRV-mutatók közül csak a frekvenciatartományban számított paraméterek különböztek a két csoport között (**36. táblázat**).

**36. táblázat:** Sánta és egészséges tejelő tehenek HR- és HRV-értékei (átlag $\pm$ SD) álló testhelyzetben

Szívműködési mutatók	Egészségi állapot		Statisztika	
	Egészséges (n=52)	Sánta (n=56)	Mann–Whitney U	P-érték
HR (min <sup>-1</sup> )	81,3 $\pm$ 6,1	79,6 $\pm$ 8,3	5707	0,071
RMSSD (ms)	17,1 $\pm$ 13,6	14,9 $\pm$ 11,7	7279	0,734
RRtri (ms)	7,4 $\pm$ 2,1	7,4 $\pm$ 2,7	7067	0,470
TINN	204,4 $\pm$ 132,6	192,7 $\pm$ 93,5	6973	0,372
HF (n.u.)	14,7 $\pm$ 4,7	20,3 $\pm$ 7,5**	5468	0,003
LF/HF	8,8 $\pm$ 4,6	6,4 $\pm$ 3,5**	5563	0,002
SD1 (ms)	10,5 $\pm$ 6,3	12,2 $\pm$ 7,9	7106	0,514
SD2/SD1	8,5 $\pm$ 4,5	7,4 $\pm$ 3,9	6725	0,180

A leíró statisztika a HRV-értékek nem transzformált értékein alapul. Szignifikáns különbség a sánta és az egészséges tehenek csoportjai között: \*\*P<0,01.

Ezek a különbségek a fekvéshez hasonlóan, a sánta tehenek nagyobb paraszimpatikus aktivitását tükrözik, azonban az eltérések korántsem olyan kifejezettek. A szimpató-paraszimpatikus egyensúly Poincaré-jelzőszámának (SD2/SD1) értékei nem különböztek a két csoport között. Ennek oka az lehet, hogy az állás fájdalmat okoz a sánta teheneknek (*Warnick és mtsai, 2001; Juarez és mtsai, 2003; Chapinal és mtsai, 2009*) és ez rövid-távon növelheti a szimpatikus idegrendszer aktivitását (*Burton és mtsai, 2009*). Egy másik magyarázata lehet eredményeimnek, hogy egyes szerzők a krónikus stressz pontos vizsgálatához a zavartalan fekvő testhelyzetben felvett R–R-adatsorok alkalmasak, mert ekkor az állatok fizikai (motoros) aktivitása elhanyagolható (*Langewitz és mtsai, 1991; Mohr és mtsai, 2002a; Langbein és mtsai, 2004; Hagen és mtsai, 2005*).

#### 3.4.2.2. Szívműködés és viselkedés takarmányfelvétel közben

A takarmányfelvétel közben meghatározott paraszimpatikus jelzőszámok (HF, SD1) az RMSSD kivételével szignifikánsan nagyobbak, míg a szimpató-paraszimpatikus egyensúly jelzőszámai (LF/HF, SD2/SD1) kisebbek voltak a sánta teheneknél, mint egészséges társaiknál (**37. táblázat**). A szívritmusban nem találtam számottevő különbséget a két csoport között, ennek oka az lehet, hogy a táplálkozás és az állás együttesen nagymértékű aktivitásnövekedést eredményeznek. Az érintett állatok takarmányfelvétel közben mért nagyobb paraszimpatikus aktivitása jelen vizsgálatban is tapasztalt kisebb agressziószintjükkel (AI: 1,4 $\pm$ 0,5 vs. 2,2 $\pm$ 0,8, P=0,004), ezáltal takarmányért folytatott csökkent versengésükkel hozható összefüggésbe, amely a rangsorban elfoglalt ala-

csonyabb pozíciójukból eredhet (Blowey, 2008). A sánta egyedek mozgásukban korlátozottak, lassabban reagálnak, kevésbé aktívak (O'Callaghan és mtsai, 2003), így kevésbé agresszívek.

**37. táblázat:** Sánta és egészséges tejelő tehenek HR- és HRV-értékei, illetve viselkedési mutatói (átlag±SD) takarmányfelvétel közben

Szívműködési mutatók	Egészségi állapot		Statisztika	
	Egészséges (n=52)	Sánta (n=56)	Mann–Whitney U	P-érték
HR (min <sup>-1</sup> )	86,7±8,0	86,4±8,3	12718	0,838
RMSSD (ms)	12,8±9,5	16,3±11,7	12673	0,796
HF (n.u.)	8,0±5,9	21,4±12,4***	4300	0,000
LF/HF	21,9±12,7	7,9±5,4***	4301	0,000
SD1 (ms)	5,4±3,3	9,2±5,9*	8652	0,026
SD2/SD1	13,8±7,5	8,2±5,9*	10237	0,047
AI	2,2±0,8	1,4±0,5**	6383	0,004
TVI	1,9±0,8	2,0±0,9	5533	0,500

A leíró statisztika a HR- és a HRV-mutatók nem transzformált értékein alapul. AI: agresszivitás index, TVI: társas viselkedés index. Szignifikáns különbség a két csoport között: \*P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,001.

*Melin és munkatársai* (2007) megfigyelése szerint a rangsorban feljebb álló tehenek többet rágnak a jászolnál, mint kevésbé domináns társaik. Ez is közrejátszhatott a sánta tehenek nagyobb paraszimpatikus aktivitásában, ugyanis – az 1. vizsgálat eredményei alapján – a takarmányfelvétel (és az ezzel járó rágás) minden más aktivitási formánál nagyobb szimpatikus és kisebb paraszimpatikus aktivitással jellemezhető.

Eredményeim megerősítenek egy korábbi tanulmányt, amely szerint agresszivitásra szelektált patkányok nagyobb szimpatikus (plazma noradrenalin szint) és HRV-értékeik alapján kisebb paraszimpatikus aktivitást mutattak, mint kevésbé agresszív társaik (*Sgoifo és mtsai*, 1997). A jászolnál való viselkedését értékelve *Galindo és Broom* (2002) sánta tehenek esetében szintén kevesebb agresszív viselkedést találtak, mint egészséges társaiknál.

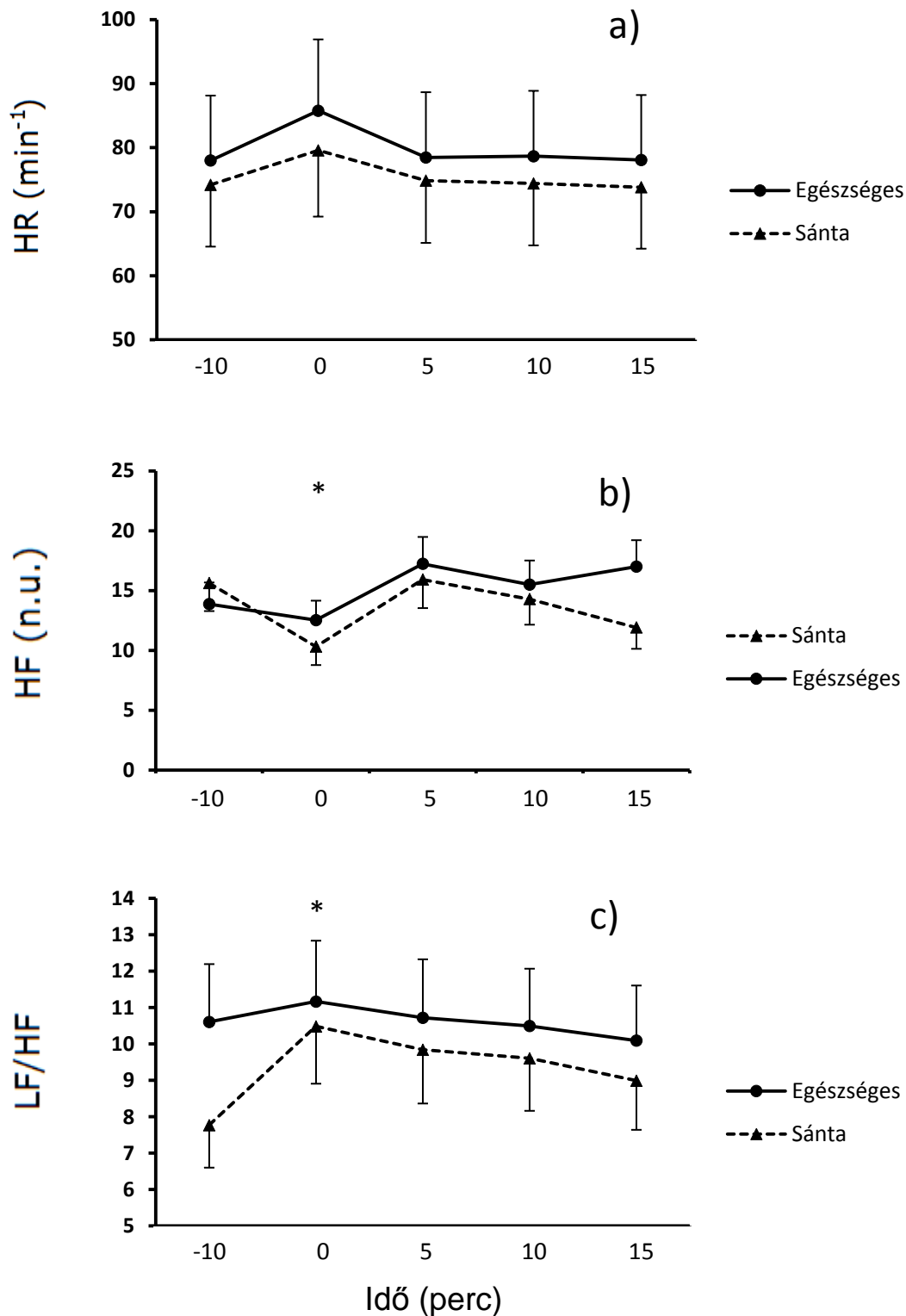
A pozitív társas megnyilvánulásokat tekintve nem találtam különbséget a két csoport között, megerősítve *Galindo és Broom* (2002) kutatási eredményeit. Mindezek alapján elmondható, hogy a sánta és egészséges tehenek viselkedésének és HRV-mutatóinak együttes értékelése az érintett egyedek kisebb agressziószintjét és nagyobb paraszimpatikus idegrendszeri aktivitását tükrözi.

### 3.4.2.3. Rektális vizsgálat

A HR a sánta és az egészséges tehenek csoportjában sem nőtt statisztikailag igazolhatóan a rektális vizsgálat során. A vizsgálatot követő 15 perc során a nyugalmi értéket megközelítő értéket találtam mindkét csoportban (**22/a ábra**). A HF értéke csak a sánta teheneknél csökkent statisztikailag is igazolhatóan (P=0,017) a nyugalmi értékekhez képest. A vizsgálatot követően a HF érté-



ke egyik csoportban sem különbözött a nyugalmi értéktől (**22/b ábra**). Az LF/HF-értékek a rektális vizsgálat során szignifikánsan nőttek a sánta tehének csoportjában ( $P=0,022$ ), míg az egészséges állatoknál ez nem volt megfigyelhető (**22/c ábra**).



**22. ábra:** Egészséges (●, n=52) és sánta (▲, n=56) tejlő tehének HR (min<sup>-1</sup>) (a), HF (n.u.) (b) és LF/HF (c) értékei (átlag±SEM) a rektális vizsgálat előtt, alatt és azt követően. A vizsgálatot a 0 időpontban végeztük.

\* $P<0,05$  a sánta tehének csoportjában.

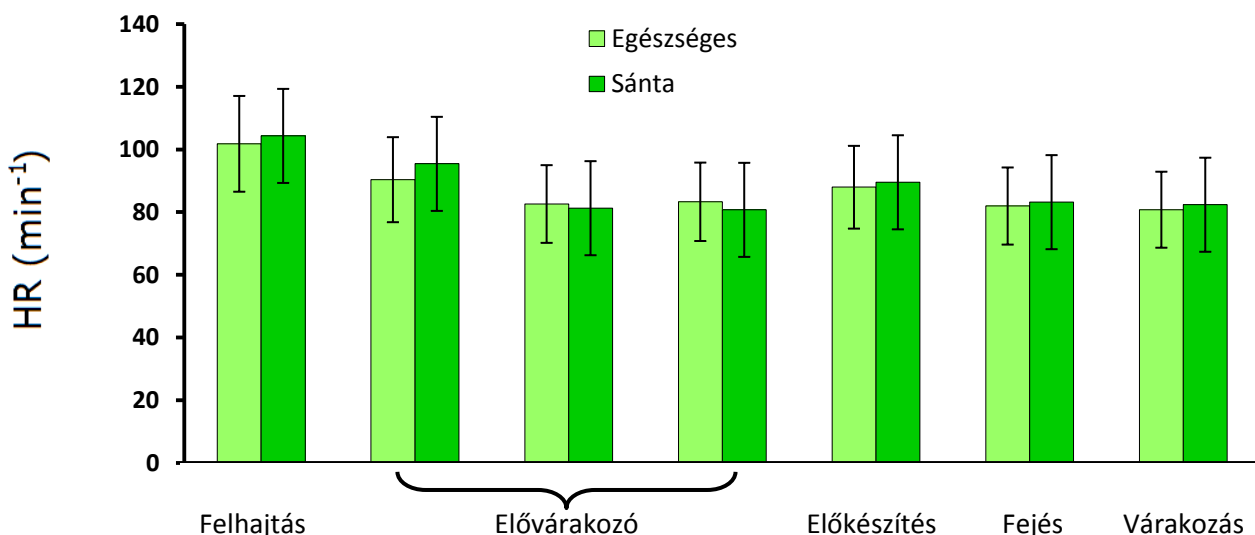
A rektális vizsgálatot követő 15 perc során egyik csoport LF/HF értékei sem különböztek statisztikailag is alátámaszthatóan a nyugalmi értéktől.

Jelen vizsgálatban az állatok szívritmusa *Waiblinger és munkatársai* (2004) tanulmányához hasonlóan kismértékű növekedést mutatott a sánta és az egészséges teheneknél a rektális vizsgálat alatt. A HRV spektrális elemzése alapján a sánta tehenek paraszimpatikus vegetatív idegrendszeri aktivitása a vizsgálat során hirtelen csökkent és a szimpatikus-paraszimpatikus egyensúly a szimpatikus aktivitás irányába tolódott el. Ez utóbbi eredmények szerint a sánta tehenek érzékenyebbek a hirtelen fellépő, fájdalommal is járó akut stresszre, amelyet a rektális vizsgálat okoz. A vizsgálatot követő 15 perc során kapott eredményeim alapján a rektális vizsgálat alatt mért szív működési reakciók stresszre engednek következtetni, azonban a vizsgálatot követően ez sem szívritmusban, sem a HRV vegetatív idegrendszeri aktivitást jelző mutatóban nem volt kimutatható. Ez ellentmond a 3. vizsgálatban leírt (3.3.2. fejezet) eredményeimnek, azonban azt itt meg kell jegyezni, hogy Ödön majorban a csípőtelki tehenészettel ellentétben minden vizsgálat az állatok által ismert teleti inszeminátor jelenlétében történt, ami csökkentette a stresszt.

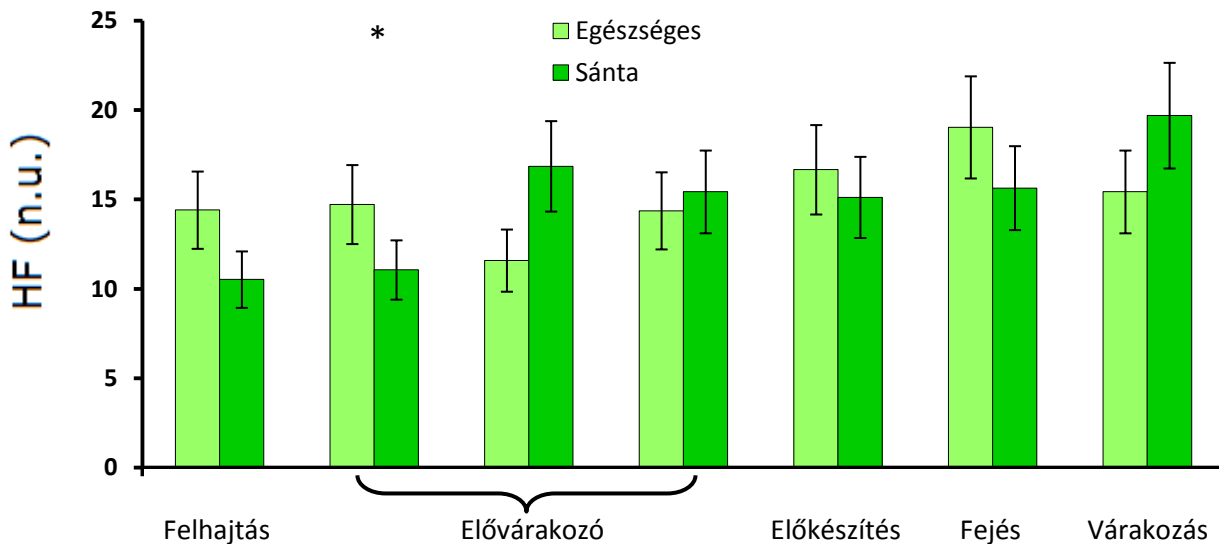
A rektális vizsgálat során a nyugtalanság, a percenkénti lépések száma, a vokalizáció, illetve a kérődzés gyakorisága sem különbözött a két csoport között ( $P > 0,05$ , minden esetben).

#### 3.4.2.4. A fejés körüli időszak

A HR a fejés körüli időszak egyik vizsgált fázisában sem különbözött a sánta és az egészséges tehenek csoportjai között ( $P = 0,138$ ) (**23. ábra**). A HF értékei az elővárakozóba lépést követő 5 perc során kisebb, míg az LF/HF értékei nagyobbak voltak a sánta teheneknél, mint az egészségeseknél ( $P = 0,039$ ,  $P = 0,013$ , sorrendben), ez az érintett állatok nagyobb stressz szintjét jelzi, amely vélhetően a kényszerített járással járó fájdalom következménye lehetett (**24. és 25. ábra**). A sánta és az egészséges tehenek vegetatív idegrendszeri aktivitása közötti különbség az elővárakozó további két szakaszában eltűnt.

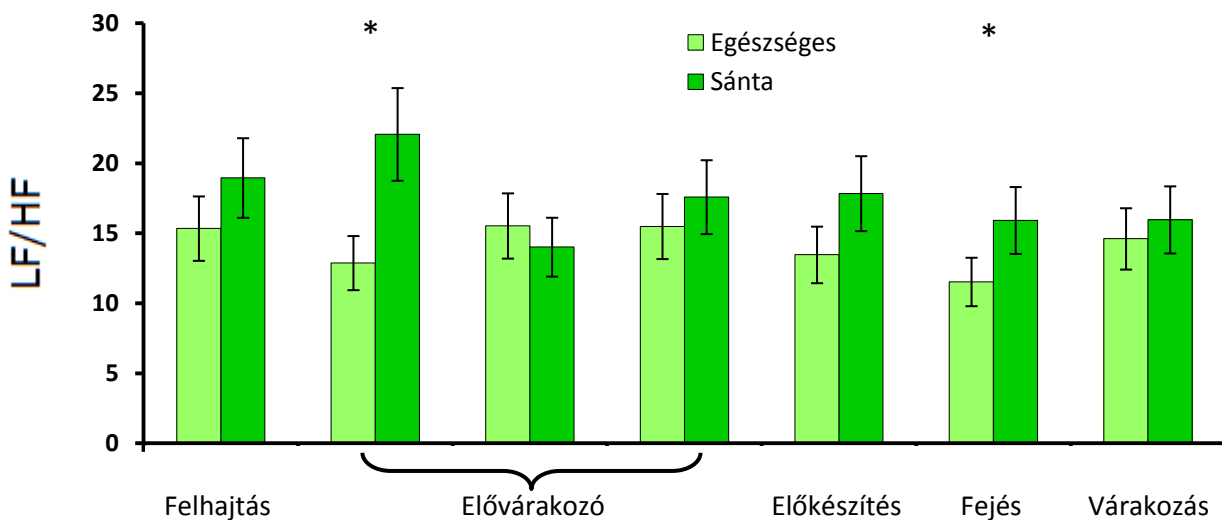


**23. ábra:** Egészséges ( $n=52$ ) és sánta ( $n=56$ ) tejlő tehenek HR ( $\text{min}^{-1}$ ) értékei a fejés körüli időszakban (átlag $\pm$ SD)



**24. ábra:** Egészséges (n=52) és sánta (n=56) tejló tehének HF (n.u.) értékei a fejés körüli időszakban (átlag±SD). Szignifikáns különbség a két csoport között: \*P<0,05.

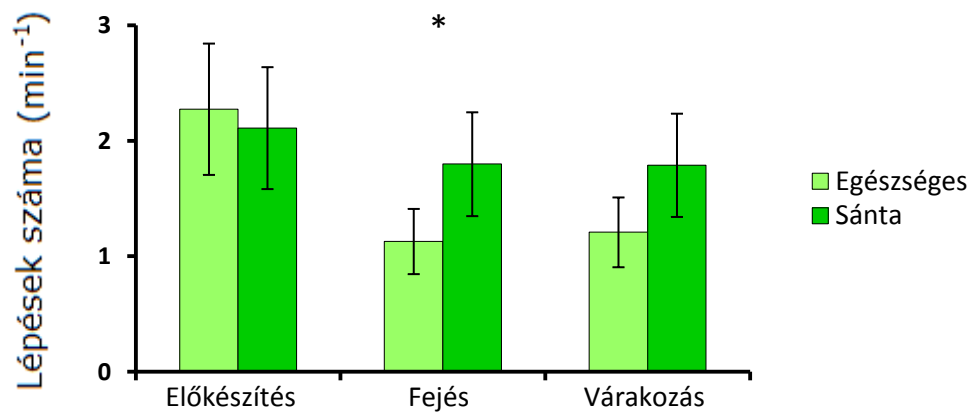
A fejkelyhek felhelyezését megelőző fázisokban nem találtam különbséget egyik HRV-mutató értékeiben sem a két csoport között, és ezt követően is csak az LF/HF értékeiben volt statisztikailag is alátámasztható különbség (**25. ábra**).



**25. ábra:** Egészséges (n=52) és sánta (n=56) tejló tehének LF/HF értékei a fejés körüli időszakban (átlag±SD). Szignifikáns különbség a két csoport között: \*P<0,05.

A fejés során tapasztalt kismértékű stresszszint-különbséget alátámasztja a percnkénti lépésszámok elemzése is (**26. ábra**). A percnkénti lépésszámértékek azonban sem a fejés előkészítése, sem a fejés utáni várakozás fázisa alatt nem különböztek statisztikailag igazolható mértékben a két csoport között. Ennek oka feltehetően az lehet, hogy a fejés előkészítésével járó tőgytisztítás és a tőgynevedek előfejtése mindkét csoport állatait hasonlóképpen zavarta.

Az LF/HF a sánta tehenek nagyobb szimpatikus aktivitását jelezte fejés közben. Mivel e különbség sem a fejés előkészítés, sem a fejést követő várakozás alatt nem volt statisztikailag igazolható, véleményem szerint a fejés időszaka nem okoz annyival nagyobb stresszt a sánta állatoknak, mint az egészségeseknek, hogy az a jóllétüket számottevően ronthatná.



**26. ábra:** Egészséges (n=52) és sánta (n=56) tejelő tehenek percenkénti lépésszám-értékei a fejés három fő fázisa során. Szignifikáns különbség a két csoport között: \*P<0,05.

#### 3.4.2.5. A bélsár és a vér szérum kortizolkoncentrációja

Bár a sánta tehenek reggel és este gyűjtött bélsármintáinak kortizolszintje egyaránt mintegy 10 ng/g értékkel kisebb volt, mint az egészséges teheneké, e különbség a koncentrációk nagy szórása miatt nem volt statisztikailag igazolható (**38. táblázat**).

**38. táblázat:** Egészséges (n=52) és sánta (n=56) tehenek bélsár kortizolkoncentrációja (átlag±SD)

Egészségi állapot	Bélsár kortizolkoncentráció (ng/g)		
	n	Reggel	Este
Egészséges	52	64,8±26,8	67,7±29,3
Sánta	56	55,1±25,7	57,4±27,7
Mann–Whitney U		1303	1284
P-érték		0,703	0,369

A leíró statisztika a bélsár kortizolkoncentrációk nem transzformált értékein alapul.

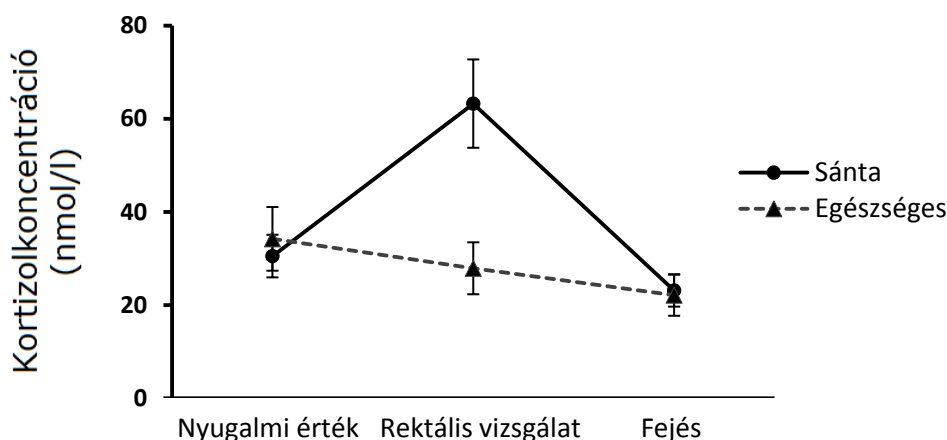
*Forslund és mtsai* (2007) ketózással terhelt tehenek vérplazmájában alacsonyabb kortizolkoncentrációt állapítottak meg, mint egészséges tehenek vérében. Ez az eredmény nehezen összehasonlítható jelen vizsgálatom eredményével, mégis azt sugallja, hogy a hosszan tartó stressz következtében – vélhetően a kimerülési szakaszba jutott állatok – HHM-aktivitása kisebb, mint az egészségeseké. Mindennek ellentmond, hogy *Horst és Jorgensen* (1982) hipokalcémiás tehenekben nagyobb kortizolkoncentrációt találtak, mint egészséges állatokban.

Eredményeim és a fent idézett tanulmányok alapján nem lehet egyértelmű következtetéseket levonni a krónikus stressz és a bélsár kortizolkoncentráció összefüggéseire vonatkozóan. Feltehetően, a krónikus stressz hosszútávú hormonális hatásait jobban tükrözi a szőr kortizoltartalma (Comin és mtsai, 2013), ennek tanulmányozása további vizsgálatokat igényel.

A vér kortizolkoncentrációja a HRV spektrális mutatóihoz hasonlóan mutatta a sánta és az egészséges tehenek stresszérzékenysége közötti különbséget a rektális vizsgálat során. A **29. ábrán** is jól látható, hogy a sánta tehenek vér szérum kortizolszintje a nyugalmi értéket jelentősen meghaladta (107%,  $P=0,012$ ), míg az egészséges állatok esetében nem különbözött attól szignifikánsan ( $P=0,637$ ). Ez utóbbi eredmény arról árulkodik, hogy az egészséges állatok számára nem okozott számottevő stresszt a rektális vizsgálat. Ez nem csak a 3. vizsgálatban kapott eredményeknek (3.3.2. fejezet) mond ellent, hanem korábbi tanulmányoknak is, amelyekben egészséges tehenek vér kortizolszintjének emelkedését tapasztalták rektális vizsgálatot követően (Nakao és mtsai, 1994; Cingi és mtsai, 2012). Fel kell hívni azonban a figyelmet arra, hogy a nyugalmi (pontosabban a rektális vizsgálat előtti időszakban mért) értékek mindkét csoportban meghaladták a fejés után kapott értékeket, amely a mintavétel körülményeivel magyarázható. Az állatok kiválogatása és inszemináló állásokba terelése, majd ottani rögzítése, valamint a nyugalmi vérminták levétele között ugyanis csak 30–40 perc telt, így tudunk alkalmazkodni a telep napi feladataihoz.

Ha máshogy közelítünk a kapott eredményekhez, megállapíthatjuk, hogy a rektális vizsgálat nagyobb megterhelést jelent a krónikus stresszben szenvedő, sánta teheneknek, továbbá az egészséges és sánta állatoknak hasonló megterhelést jelent az inszemináló állásokba való terelés, rögzítés, mint a fejés és az azt megelőző időszak.

A fejést követően szinte megegyező kortizolkoncentrációkat kaptam a két csoportban ( $P=0,988$ ), alátámasztva a HF- és az LF/HF-mutatók változásait, vagyis, hogy a fejés nem jelent nagyobb stresszt a sánta teheneknek, mint egészséges társaiknak. *Negrao és munkatársai* (2004) gépi fejés után vizsgálatomban találhoz hasonló kortizolkoncentrációkat mértek, amelyek vizsgálatukban jelentősen meghaladták a nyugalmi értékeket. Saját vizsgálatom elsődleges célja annak vizsgálata volt, hogy a sánta és egészséges állatok egyazon környezetben felvett nyugalmi értékeihez képest hogyan változnak a stresszhormon koncentrációjának értékei a két csoportban egy viszonylag ritka (rektális vizsgálat) és egy mindennapos és kevésbé intenzív stresszhelyzet (fejés) fellépésekor. Ezekre a kérdésekre a 4. vizsgálat eredményei megfelelő választ adtak.



**27. ábra:** A vér szérum kortizolkoncentrációja (átlag $\pm$ SEM) egészséges (▲,  $n=52$ ) és sánta (●,  $n=56$ ) tejelő tehenek pihenése és rektális vizsgálata, illetve fejése után 15 perccel

### 3.4.3. A 4. vizsgálatból levonható következtetések

A 4. vizsgálat eredményei alapján a fekvő testhelyzetben felvett HRV-értékek elemzése alkalmas a krónikus stressz vizsgálatára. Eredményeimből kiderült, hogy a sántaság okozta krónikus fájdalom a vegetatív idegrendszeri egyensúly eltolódását eredményezi a paraszimpatikus tónus irányába. Az érintett állatok alacsony nyugalmi szívritmusa – korábbi szakirodalmakat is alapul véve – azonban nem tekinthető a krónikus stressz jelzőjének, inkább a sántaság következtében megváltozott viselkedés és csökkent napi aktivitás következménye lehet. A nem lineáris mutatók mindegyike kisebb volt a sánta teheneknél, ami azt igazolja, hogy az RQA mutatói és a DFA módszereivel számított, a szív működés nem lineáris összetevőinek komplexitását és rendezetlenségét leíró paraméterek egyaránt alkalmasak lehetnek a krónikus stressz kimutatására tejlő tehenekben.

A sánta tehenek takarmányfelvétel közben mért alacsonyabb szimpatikus vegetatív idegrendszeri aktivitása a jászolnál mutatott kisebb agresszivitásukkal is összhangban áll.

A szérum kortizolkoncentrációk – a mintavétel hibáiból adódóan – nem jelezték pontosan a rektális vizsgálat okozta stressz mértékét egyik csoportban sem, azonban az eredményekből látszik, hogy a rektális vizsgálat a sánta teheneknek nagyobb megterhelést jelent, mint az egészségeseknek. Ezt a spektrális HRV-mutatók elemzése is megerősítette. Mindebből arra következtethetünk, hogy a krónikus stressz növeli az akut stresszorokra adott hormonális és vegetatív idegrendszeri válaszreakció erősségét. Mindez a fejésről nem mondható el egyértelműen. Ennek oka feltehetően az, hogy a rektális vizsgálat által kiváltott inger hatása erősebb, mint a fejés, így jobban megviseli a krónikus stressz alatt álló állatokat. A krónikus stressz alatt álló állatok akut stresszorokra adott vegetatív idegrendszeri válaszai jól tanulmányozhatók hirtelen fellépő, nagy intenzitású stressz fellépésekor (pl. rektális vizsgálat).

#### 4. KÖVETKEZTETÉSEK

Az eddig megjelent tanulmányok eredményeivel többnyire összhangban vannak saját kutatási eredményeim. A szív működési változók meghatározása további stresszvizsgálati módszerekkel kiegészítve pontos képet adhatnak a termelési környezet és az állatjóllét viszonyáról. A négy vizsgálat eredményei alapján kijelenthető, hogy a HRV hagyományos elemző módszereivel lehetséges a rövidtávú stressz meghatározása tejlő szarvasmarhákban. Az idő- és frekvenciatartományban végzett elemzések paramétereinek közötti erős korreláció miatt a két módszer együttes alkalmazása javasolható, mert a HRV-adatsorok kiértékelésekor jól kiegészítik egymást. A geometriai módszerek a HRV grafikai leképezésével olyan paramétereket szolgáltatnak, melyek bizonyos esetekben az idő- és frekvenciatartományban számított indexeket jól kiegészítik.

Vizsgálataim eredményei igazolták, hogy a szív működési mutatókat a testhelyzet, a tehenészetek mérete, a vérmérséklet, az embertől való félelem mértéke, a napszak, az évszak és a fejőházak mérete is befolyásolja. A korábban használt esetekben még nem használt nem lineáris elemző módszerek, mint pl. az RQA és a DFA hasznosnak bizonyultak a krónikus stressz kimutatására, azonban – mivel e módszerekkel számított mutatók nem általánosak szarvasmarhák szív működésének vizsgálatára – megfelelő referenciák hiányában kellő óvatossággal kell használni azokat. A szarvasmarhákban végzett HRV-vizsgálatok sikeressége továbbá nagyban függ a mérések kivitelezhetőségét alapvetően meghatározó módszertan helyes megválasztásától. Nagy hangsúlyt kell fektetni a műszerek megfelelő rögzítésére, az elemző módszerek helyes alkalmazására és a regisztrált adatsorok szakszerű kiértékelésére.

Négy vizsgálatom eredményei ugyan további kérdéseket vethetnek fel a módszer széleskörű alkalmazását illetően, mégis, láthatóak az eljárás előnyei és a benne rejlő lehetőségek. Véleményem szerint a szív működés vizsgálata jelentős nem invazív eljárásként hazánkban is hasznos lehet a szarvasmarhákban végzett viselkedésleltani kutatásokban. Kellő vizsgálati tapasztalat birtokában a HRV módszerével a korábbiaknál jóval pontosabb magyarázatokat adhatunk a szarvasmarhatartás egyes állatjólléti kérdéseire. Bár a HRV mérése a gyakorlatban nehezen alkalmazható, a vizsgálatok eredményei kézzelfogható segítséget nyújthatnak a tartástechnológiából adódó és az állatok kezelésével járó stressz felderítésére és azok enyhítésére. A három év alatt született kutatási eredményeim alapul szolgáltak további vizsgálatok tervezéséhez, amelyek várhatóan lehetővé teszik a tejlő szarvasmarhatartás egyes technológiai elemeinek állatjólléti szempontú értékelését.





## 5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A testhelyzet befolyásolja tejelő tehenek szív működését. Az álló testhelyzetben mért szívritmus és a szimpatikus aktivitás nagyobb, míg a paraszimpatikus aktivitás kisebb, mint a fekvő testhelyzetben mért értékek.
2. A kérődzés a testhelyzet változatlansága mellett állás és fekvés közben is a szívritmus növekedését, a paraszimpatikus tónus csökkenését és a szimpató-paraszimpatikus egyensúly szimpatikus irányba való elmozdulását okozza.
3. A nyugalmi HRV-értékek a telepek mérete szerint különbözőek lehetnek. A fekvés közben mért szimpatikus aktivitás kisebb, míg a paraszimpatikus aktivitás nagyobb a kisebb állatlétszámú tehenészetekben, mint a nagyobb telepeken.
4. Az ideges vérmérsékletű állatok nyugalmi paraszimpatikus aktivitása kisebb, míg fekvő testhelyzetben mért szívritmusa és szimpatikus aktivitása nagyobb, mint a nyugodt teheneké.
5. A vérmérséklet hatással van a bélsár kortizolkoncentrációjára. Az ideges állatok bélsármintáinak kortizolkoncentrációja nagyobb, mint a nyugodt állatoké.
6. A bélsár kortizolkoncentrációja különbözik az eltérő méretű és fejéstechnológiájú telepeken. A legkisebb értékeket a robotizált fejési rendszerben találtam.
7. Az embertől nem félő állatok nyugalmi szívritmusa és szimpatikus aktivitása nagyobb, míg vágusz aktivitásuk kisebb, mint az igen félénk állatok hasonló értékei.
8. A szívritmus és a paraszimpatikus aktivitás nyáron napszakosságot mutat. A szívritmus a nappali időszakokban, a vágusz tónus az éjszakai időszakokban mutatnak évszakosságot.
9. A hagyományos fejési rendszerekben az elővárakozóban való tartózkodás jelenti a legnagyobb stresszforrást a tehenek számára. A nagyobb fejőházakban a szimpatikus és paraszimpatikus aktivitás mutatói egyaránt nagyobb stresszt jeleztek, mint a kisebb fejőházakban és a fejőrobotban.
10. A rektális vizsgálat a paraszimpatikus tónus hirtelen csökkenését eredményezi, amely reakció a szárazonálló tehenekben kifejezettebb, mint a tejelő tehenekben. A csökkent vágusz tónus tovább fennáll a tejelő állatok esetében.
11. Igazoltam a geometriai és a nem lineáris HRV-mutatók alkalmasságát a hosszú időn át fennálló stressz kimutatására. A sánta tehenekben ezek a mutatók szignifikánsan kisebbek. Ezt a különbséget nyugalmi (fekvő) testhelyzetben tudtam kimutatni.
12. A sánta tehenek takarmányfelvétel közben mért paraszimpatikus aktivitása nagyobb, míg szimpatikus aktivitásuk kisebb, mint az egészségeseké.
13. A rektális vizsgálat a sánta teheneknek nagyobb megterhelést jelent, mint az egészségeseknek, ez hormonális és vegetatív idegrendszeri mutatókkal is mérhető.



## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

**Bevezetés.** Az intenzív tartás- és fejéstechnológiák bevezetésével párhuzamosan a tejelő tehenek jóllétét negatívan befolyásoló környezeti tényezők vizsgálata felértékelődött. A tejelő tehenek jóllétét vizsgáló tanulmányok alapján a fejés és a mindennapos kezelésektől való félelem és a fájdalom az állatoknak stresszt okozhatnak. A környezet kihívásai a hipotalamusz–hipofízis–mellékvesekéreg (HHM) tengely aktivitása mellett a vegetatív idegrendszer irányítása alatt álló keringési rendszer működésére is hatással vannak. Az egymást követő szívverések közötti távolságok (R–R-távolság) meghatározásán alapuló szívritmus-változékonyság (heart rate variability, HRV) vizsgálatát ma már gazdaságilag fontos haszonállatokban is gyakran alkalmazzák a stressz viselkedési és fiziológiai összefüggéseinek elemzésére. A HRV spektrális összetevőinek értékeit meghatározva lehetséges a szimpatikus és paraszimpatikus tónus egymástól elkülönített mérése, ezért tejelő szarvasmarhák stresszvizsgálataiban főként e jelzőszámok változásait értékelik.

**Célkitűzések.** Dolgozatomban elsődleges célja tejelő szarvasmarhák szívritmusának (heart rate, HR) és HRV-mutatóinak vizsgálata volt telepi körülmények között. A szív működési mutatók mellett invazív (vér kortizolkoncentráció) és nem invazív (viselkedés, bélsár kortizolkoncentráció) módszereket is használtam a rövid-távú [fejés (2. vizsgálat) és rektális vizsgálat (3. vizsgálat)] és a krónikus stressz [sántaság (4. vizsgálat)] állatjólléti hatásainak vizsgálatára. A szív működési alapértékek egyes környezeti (pl. telep, napszak, évszak), illetve egyedi jellemzőkkel (vérmérséklet, embertől való félelem EVF) való összefüggéseit is kerestem (1. vizsgálat).

**Anyag és módszer.** Kutatásaimat három kisebb és három nagyobb állatlétszámú hazai tehenészetben végeztem, amelyekben összesen 319 egészséges és 56 sánta holstein-fríz többször ellett tehen vett részt. A szív működés vizsgálatát külső monitorozással végeztem. Az eredetileg sportlovak teljesítményvizsgálataihoz kifejlesztett, testre rögzíthető Polar Equine RS800 CX készülékek a testfelszín két pontja közötti elektromos feszültségkülönbséget mérve rögzítik az R–R-távolságokat. E műszereket igen erős, saját tervezésű szarvasmarhabőrből készült hevederrel rögzítettem az állatokon, így 5–6 napos méréseket is megvalósíthattam természetesen körülmények között. Az állatokat minden vizsgálati telepen a tehenészetek dolgozói és munkatársaim (társtémavezetőm és állatorvos-tan-, illetve állattenyésztőmérnök-hallgatók) segítségével válogattam ki, ügyelve arra, hogy az állatok vizsgálatot megelőző és az azt követő mozgatása, rögzítése, a műszerek felhelyezése és a HR-mérést kiegészítő vizsgálatok (rektális vizsgálat) és vérvételek ne okozzanak szükségtelen szenvedést és stresszt a teheneknek. Az embertől való félelem meghatározásához szükséges viselkedési tesztek az állatok természetes környezetében vettük fel. Naponta – a kutatás tárgyától függően – 3–12 állatot vizsgáltam. A szív működés elemzésére a szarvasmarhák stresszvizsgálataiban hasznosnak tartott idő- és frekvenciatartományban számított mutatókon kívül hosszabb távú kísérletekben (a szív működés napszakosságának vizsgálata, krónikus stressz vizsgálata) a HRV geometriai és nem lineáris jellemzőit is meghatároztam.

**Az 1. vizsgálat összefoglalása.** A HR és a HRV-mutatók értékeit a testhelyzet, a tevékenység (kérődzés, takarmányfelvétel) és a telep is befolyásolta. Az álló testhelyzetben mért HR és a szimpató-paraszimpatikus egyensúly mutatója (LF/HF) mind a kisebb, mind a nagyobb állatlétszámú telepeken nagyobb volt, mint a fekvő testhelyzetben mért értékek. Ezzel párhuzamosan a paraszimpatikus aktivitás jelzőszámai (RMSSD, HF, SD1) kisebbek voltak állás közben mérve, mint fekvő testhelyzetben, vagyis az állatok fekvés közben nyugodtabbak és fizikai aktivitásuk is cseké-

lyebb. A HR és a szimpatikus aktivitás mutatója (LF/HF) a fekvéstől a takarmányfelvétel irányába (fekvés < fekve kérődzés < állás < állva kérődzés < takarmányfelvétel) minden vizsgált tehenészetben nőtt, míg a paraszimpatikus jelzőszámok (HF, SD1) értékei csökkentek. A kisebb állatlétszámú tehenészetekben fekvő testhelyzetben mért HR- és LF/HF-értékek kisebbek, míg a HF értékei nagyobbak voltak, mint a nagyobb állatlétszámú tehenészetekben, azaz, a szív működés nyugalmi alapértékeit tehenészetenként különböznek. A bélsár kortizolkoncentrációja is különbözött a tehenészetek között, a legkisebb értékeket a fejőrobot üzemelésének időszakában találtam, József majorban. Az ideges állatok nyugalmi paraszimpatikus aktivitása kisebb (kisebb HF), míg szimpatikus aktivitása nagyobb volt (nagyobb LF/HF), mint a nyugodt vérmérsékletű teheneké. Az ideges állatok reggel és este gyűjtött bélsármintáinak kortizolkoncentrációját nagyobbra találtam nyugodt vérmérsékletű társaikkal összehasonlítva. Az embertől nem féltő állatok nyugalmi szívritmusa és szimpatikus aktivitása nagyobb (nagyobb LF/HF), míg a paraszimpatikus aktivitásuk kisebb (kisebb HF) volt, mint az igen félték csoportba osztott állatok hasonló értékei. Mindebből arra lehet következtetni, hogy az embertől való félelem élettanilag is befolyásolt tulajdonság. Megállapítottam, hogy a HR és a HF nyáron napszakosságot mutat. Nyári és téli hónapokban meghatározva e két mutató értékeit a HR esetében a nappali (7:00–12:00 és 13:00–18:00), míg a HF esetében az éjszakai (19:00–24:00 és 1:00–6:00) időszakban tapasztaltam évszakhatást.

**A 2. vizsgálat összegzése.** A nagyobb fejőházak mindegyikében gyakoribbak voltak a lépések a fejés előkészítő szakaszában, mint a későbbi fázisokban, amely oka vélhetően a gyors és intenzív tőgy előkészítés, valamint a 2–3 fejő jelenléte lehet. A regisztrált lépésszámok azonban egyik vizsgált tehenészetben sem utalnak nagy stresszterhelésre. Megállapítottam, hogy a nagyobb fejőházakban a fejés nagyobb stresszt jelent a teheneknek, mint a kisebb fejőházakban, és ez az elővárakozóban és egyes telepeken a fejés utáni várakozás alatt igazán kifejezett. Míg a kisebb tehenészetekben az elővárakozóban csökkent a stresszszint, addig a nagyobb elővárakozó térrel rendelkező gazdaságokban nőtt. A robotizált fejés során mért szív működési és lépésszám értékek hagyományos fejési rendszerekkel való összehasonlítása alapján két hónapos időszak elegendő az állatoknak az új fejéstechnológiához való hozzászokáshoz. A karusszeles fejés kevésbé megterhelő az állatoknak, mint a hasonlóan nagyméretű fejőházakban történő fejőknás fejés. Sem a leadott tej mennyiség, sem a tejleadási sebesség nem voltak összefüggésben a fejőállásban/fejőegységben mért HRV-értékekkel a vizsgált fejési rendszerekben.

**A 3. vizsgálat összegzése.** A rektális vizsgálat alatt és azt követően a tejelő és a szárazonálló tehenek szívritmusa hasonlóan változott, az RMSSD és a HF értékei azonban mindkét csoportban drasztikusan csökkentek a nyugalmi értékekhez viszonyítva a vizsgálat ideje alatt, a paraszimpatikus aktivitás hirtelen csökkenését jelezve. A HRV rövid stresszválaszt jellemző paraméterei alapján (maximum HF- és RMSSD-értékek, a HF- és RMSSD-mutatók amplitúdója) a rektális vizsgálat nagyobb stresszt okoz a szárazonálló teheneknek, a stressz azonban hosszabb távon fennáll tejelő teheneknél (nagyobb visszatérési idő, illetve görbe alatti terület). Mindezek alapján, a rektális vizsgálat okozta stressz bár kimutatható a szívritmussal is, mértékét és tartamát a HRV paraszimpatikus jelzőszámai írják le pontosan.

**A 4. vizsgálat összegzése.** A sánta tehenek idő- (RMSSD) és frekvencia-tartományban (HF), valamint a Poincaré-grafikkal számított (SD1) nyugalmi HRV-értékei nagyobbak, míg LF/HF- és SD2/SD1-értékeik kisebbek voltak, mint az egészséges állatoké. Mindez az érintett tehenek fokozott paraszimpatikus idegrendszeri aktivitását és a szimpatoparaszimpatikus egyensúly szimpatikus irányba való eltolódását jelzi. A geometriai mutatók (RRtri, TINN) nyugalmi értékei

kisebbség volt a sánta teheneknél, ami nagymértékű stresszt jelez. A takarmányfelvétel közben mért HF- és SD1-értékek nagyobbak, míg a szimpatikus-paraszimpatikus egyensúly jelzőszámai (LF/HF, SD2/SD1) kisebbek voltak a sánta teheneknél, mint egészséges társaiknál, mindez az érintett egyedek vizsgálatban regisztrált kisebb agressziószintjével lehet összefüggésben.

A szérumban a kortizolkoncentráció és a szimpatikus aktivitás nőtt (nagyobb LF/HF), míg a paraszimpatikus aktivitás csökkent (kisebb HF) a sánta teheneknél a rektális vizsgálat alatt a nyugalmi értékekhez viszonyítva, míg az egészségeseknél ez nem volt megfigyelhető. Megállapítható, hogy a rektális vizsgálat a sánta teheneknél nagyobb megterhelést jelent, mint az egészségeseknek, vagyis a krónikus stressz növeli az akut stresszorokra adott hormonális és vegetatív idegrendszeri válaszreakciót. A fejés elkülönített fázisai alatt meghatározott HR és a HRV mutatói nem jeleztek egyértelmű különbségeket a két vizsgálati csoport szív működését illetően. Mivel a sánta és egészséges állatok viselkedése nem különbözött számottevően a rektális vizsgálat alatt, feltételezhető, hogy olyan esetben, amikor a hosszútávú stressz alatt álló állatok stresszreakcióit vizsgáljuk, az élettani (hormonális és HRV-ben mérhető) változások pontosabban tükrözik az érintett állatok stresszérzékenységét, mint a viselkedés leírása.

**Következtetések.** A HRV hagyományos elemző módszereivel lehetséges a stressz meghatározása tejelő szarvasmarhákban. A nem lineáris elemző módszerek, mint pl. az RQA és a DFA hasznosnak bizonyultak a krónikus stressz vizsgálatában. A szív működési változók meghatározása további stresszvizsgálati módszerekkel kiegészítve pontos képet adhatnak a termelési környezet és az állatjólét viszonyáról. A szív működés tanulmányozásával a korábbiaknál jóval pontosabb magyarázatokat adhatunk olyan jelenségekre, amelyek hatással vannak a termelésre azáltal, hogy az állatok közérzetét közvetlenül vagy közvetett módon befolyásolják. Kutatási eredményeim alapján lehetővé válhat a tejelő szarvasmarhatartás egyes technológiai elemeinek korszerűsítése is.



## 7. SUMMARY

**Introduction.** Parallel with the installation of intensive housing and milking technologies, interest has risen in the evaluation of factors compromising animal welfare. Based on previous work on animal welfare it became evident that fear and pain accompanying milking or routine husbandry procedures cause stress for animals. Environmental challenges activate the hypothalamus–pituitary–adrenal (HPA) axis and have an effect on the cardiovascular system controlled by the autonomic nervous system (ANS). The measurement of heart rate variability (HRV) is based on the analysis of the variability of time between the consecutive heartbeats (interbeat intervals, IBI). It is used extensively in farm animals for the evaluation of the associations between the behavioral and physiological aspects of stress. By the calculation of frequency-domain indices of HRV, we are able to evaluate the activity of the sympathetic and the parasympathetic nervous system separately. Mainly these parameters are used in dairy cattle stress research.

**Aims.** The main objective of the present work was the measurement of heart rate (HR) and HRV and additionally applying invasive (serum cortisol concentrations) and non-invasive methods (behavior, fecal glucocorticoid concentrations) for the investigation of acute [caused by milking (experiment 2) and caused by rectal examination (experiment 3)] and chronic stress [caused by lameness (experiment 4)] in dairy cows, under field conditions. The associations between baseline cardiac parameters and certain environmental effects (farm, time of day, season) and individual traits (temperament, fear of people) were to be evaluated (experiment 1). All of the experiments were carried out on three farms with small-scale herds and three farms with large-scale herds of Holstein-Friesian cows. Animals in estrus and animals in bad condition were excluded from the experiments. A total of 319 healthy and 56 lame animals were involved in the studies.

**Materials and methods.** IBIs were measured by externally attached electrodes using the Polar Equine RS800 CX monitoring system, originally developed for sport horses. This device contains a special transmitter and a HR monitor. Devices were attached around the animals' thorax behind the forelimbs with a non-flexible self-designed girth made from cattle leather. Using this fixing method, we were able to carry out long-term field measurements lasting for 5–6 days. Animals were selected from the herds with the help of the stock people of the farms and with the help of my colleagues (my co-supervisor, and students of the Faculty of Veterinary Science and Agricultural and Environmental Science, Szent István University). Special attendance was given for the cautious handling of the animals. Moving and tethering animals before and following data recording, measurement preparations (including fixing the HR-monitors), the procedure of blood sampling and rectal examinations were done carefully without causing unnecessary distress and suffering for the animals. For the evaluation of fear, behavioral tests were carried out in the usual environment of the cows. Depending on the object of the experiment, 3–12 animals were studied on each experimental day. HRV analysis was performed using traditional time- and frequency-domain methods, which were found to be useful in earlier dairy cattle studies. In cases of the measurement of the circadian rhythm of cardiac parameters and the assessment of chronic stress, geometric and nonlinear indices of HRV were also calculated.

**Summary of Experiment 1.** HR and HRV were affected by posture, activity (rumination, feeding) and herd size. HR and sympatho-parasympathetic parameter LF/HF were higher during standing than measured when animals were lying both on farms with low-scale herds and on farms

with large-scale herds. Parasympathetic measures (RMSSD, HF, SD1) were lower during standing than during lying suggesting that animals are more calmer while lying and had a lower level of physical activity. HR and LF/HF increased from lying to feeding in all of the investigated farms, while vagal indices of HRV (HF, SD1) decreased suggesting that rumination and feeding have a prominent effect on animals ANS activity. On farms with low-scale herds HR and LF/HF were lower, while HF was higher than on farms with large-scale herds suggesting cardiac activity is affected by the size of the farms. Fecal glucocorticoid concentrations differed between farms, the lowest values were measured in József major while the automatic milking system was in operation. Nervous animals had a lower parasympathetic activity (lower HF) measured during resting and higher sympathetic activity (higher LF/HF) than calm animals. Fecal glucocorticoid concentrations measured in samples collected either in the morning or in the evening were higher in temperamental cows than in calm animals. Animals that showed no fear-related behaviors in case of human contact had a lower resting HR and sympathetic activity and higher level of basal vagal tone activity than fearful animals. Therefore, it can be concluded that – along with several environmental factors – fear of people might be determined by the basal autonomic state of the animals. HR and HF showed a circadian rhythm in the summer. Evaluating the values of HR and HF in 0–24 h an effect of season was found in case of HR in the daytime (higher values in summer than in winter between 7:00 and 18:00), while in case of HF a season effect was found in the dark phase (higher values in summer than in winter between 19:00 and 6:00).

**Summary of Experiment 2.** The number of steps were higher during the udder preparation phase than during the later phases of milking (main milking and waiting in the milking stall after teat cup removal) in the large-sized milking parlors which can be explained with the fast and intensive udder preparation and the presence of 2 or 3 milkers. However, the number of steps registered during milking reflected no stress in any of the studied animals. Milking means a greater stress load in larger milking parlors than in smaller sized milking parlors. Stress was more pronounced on larger farms when animals were waiting in the holding area, and following teat cup removal, when animals were waiting in the milking stall for being released. Stress level decreased in the small-sized milking parlors during waiting in the holding area, while in large-sized milking parlors increased. In the milking robot lower cardiac and behavioral responses were found both during udder preparation and during milking than recorded in the conventional milking systems (including the milking parlor on the same farm) suggesting that a two month habituation period is sufficiently long for the animals. Milking in a rotary milking carousel is less stressful for cows, than milking in a conventional milking parlor (with a pit) with a similar size. Neither milk yield nor milk flow rate were in correlation with HRV parameters measured in the milking stall in the studied milking systems.

**Summary of Experiment 3.** HR showed a similar pattern before, during and after rectal examination in lactating and non-lactating cows, while RMSSD and HF decreased from baseline during the examination in both groups reflecting on a sudden decrease in vagal tone. Based on parameters of short-term cardiac responses (maximum HF and RMSSD values, amplitude of HF and RMSSD) non-lactating cows showed a higher stress sensitivity during the examination and in the first 5 min thereafter, however, the magnitude and the duration of stress was greater in lactating animals (longer time to return to baseline and greater area under the response curve). Although stress caused by rectal examination can be assessed using HR, the magnitude and duration of stress are mirrored more precisely by vagal indices of HRV.



**Summary of Experiment 4.** Baseline RMSSD, HF and SD1 were higher, while LF/HF and SD2/SD1 were lower in lame cows than in non-lame animals indicating an increased parasympathetic activity in affected animals and a shift in sympathovagal balance towards the vagal activity. Basal values of geometric HRV indices (RRtri, TINN) were significantly lower in lame cows than in sound ones indicating a higher level of physiological load. HF and SD1 were higher, while LF/HF and SD2/SD1 were lower in lame cows than in non-lame ones during feeding. A reduced level of aggression was found parallel with reduced sympathetic activity in lame cows. Cortisol concentrations increased following rectal examination, while sympathetic activity (LF/HF) increased and parasympathetic activity (HF) decreased during the examination from baseline in lame cows. In healthy animals no such changes were observed. Results suggest a higher adrenal and ANS response to acute stressors in chronically stressed animals and that rectal examination means higher challenge for lame cows than for non-lame ones. HR and HRV measured during the separated phases of milking indicated no pronounced differences between cardiac activity of the experimental groups. As no significant differences in behavior were found between lame and non-lame animals during rectal examination, it can be assumed that physiological responses are more effective in the assessment of stress responsibility than behavioral observations, especially in those cases when short-term stress reactions of chronically stressed animals are involved.

**Conclusions.** Assessment of stress is possible by means of traditional methods of HRV analysis in dairy cattle. Nonlinear methods (RQA and DFA) were useful for the identification of chronic stress. Evaluation of cardiac activity parallel with other stress parameters can represent the interactions between the producing environment and animal welfare. By studying cardiac activity phenomena affecting animal welfare can be explained more precisely than before. Based on the presented results technological elements of dairy cattle farming can be improved.



## FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Acharya, U.R., Kannathal, N., Krishnan, S.M. (2004): Comprehensive analysis of cardiac health using heart rate signals. *Physiological Measurement*, 25. 1130–1151.
2. Ackerman, J.T., Takekawa, J.Y., Kruse, K.L., Orthmeyer, D.L., Yee, J.L., Ely, C.R., Ward, D.H., Bollinger, K.S., Mulcahy, D.M. (2004): Using radiotelemetry to monitor cardiac response of free-living Tule Greater White-fronted geese (*Anser albifrons elgasi*) to human disturbance. *The Wilson Bulletin*, 116. 146–151.
3. Agnes, F., Sartorelli, P., Abdi, B.H., Locatelli, A. (1990): Effect of transport loading or noise on blood biochemical variables in calves. *American Journal of Veterinary Research*, 51. 1679–1681.
4. Aharoni, Y., Brosh, A., Kourilov, P., Arieli, A. (2003): The variability of the ratio of oxygen consumption to heart rate in cattle and sheep at different hours of the day and under different heat load conditions. *Livestock Science*, 79. 107–117.
5. Akers, R.M., Denbow, D.M. (2013): Peripheral and autonomic nervous system, pp. 265–296. In: Akers, R.M., Denbow, D.M. (eds.): *Anatomy and physiology of domestic animals*, John Wiley & Sons Inc., Iowa, USA, pp. 633.
6. Akselrod, S., Gordon, D., Madwed, J.B., Snidman, N.C., Shannon, D.C., Cohen, R.J. (1985): Hemodynamic regulation: investigation by spectral analysis. *American Journal of Physiology*, 249. 867–875.
7. Akselrod, S., Gordon, D., Ubel, F.A., Shannon, D.C., Berger, A.C., Cohen, R.J. (1981): Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science*, 213. 220–222.
8. Almeida, P.E., Weber, P.S.D., Burton, J.L., Zanella, A.J. (2008): Depressed DHEA and increased sickness response behaviours in lame cows with inflammatory foot lesions. *Domestic Animal Endocrinology*, 34. 89–99.
9. Anderson, D.E., Muir, W.W. (2005): Pain management in ruminants. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 21. 623–635.
10. Appel, M.L., Berger, R.D., Saul, J.P., Smith, J.M., Cohen, R.J. (1989): Beat to beat variability in cardiovascular variables: Noise or music? *Journal of the American College of Cardiology*, 14. 1139–1148.
11. Appenzeller, O. (1990): Circadian rhythms, pp. 393–402. In: Appenzeller, O. (ed.): *The Autonomic Nervous System*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands, pp. 521.
12. Arave, C.W., Bunch, T.D., Callan, R.J. (1991): Measuring stress in cattle via implanted heartrate transmitters. *Journal of Animal Science*, 69. 236. (Abstr.).

13. Arave, C.W., Mickelsen, C.H., Lamb, R.C., Svejda, A.J., Canfield, R.V. (1977): Effects of dominance rank changes, age and body weight on plasma corticoids of mature dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 60. 244–248.
14. Aubert, A.E., Beckers, F., Ramaekers, D., Verheyden, B., Leribaux, C., Aerts, J.M. (2004): Heart rate and heart rate variability in chicken embryos at the end of incubation. *Experimental Physiology*, 89. 199–208.
15. Austin, A.R., Pawson, L., Meek, S., Webster, S. (1997): Abnormalities of heart rate and rhythm in bovine spongiform encephalopathy. *Veterinary Record*, 141. 352–357.
16. Axelrod, J., Reisine, T.D. (1984): Stress hormones: Their interaction and regulation. *Science*, 224. 452–459.
17. Bachmann, I., Bernasconi, P., Herrmann, R., Weishaupt, M.A., Stauffacher, M. (2003): Behavioural and physiological responses to an acute stressor in crib-biting and control horses. *Applied Animal Behaviour Science*, 82. 297–311.
18. Balm, P.H.M. (1999): Preface. In: Balm, P.H.M. (ed.): *Stress physiology in animals*. Sheffield Academic Press, Sheffield, UK, pp. 284.
19. Bárdos, Gy. (2003): Pszichovegetatív kölcsönhatások. Scolar Kiadó, Budapest, pp. 350.
20. Baselli, G., Cerutti, S., Civardi, S., Malliani, A., Orsi, G., Pagani, M., Rizzo, G. (1988): Parameter extraction from heart rate and arterial blood pressure variability signals in dogs for the validation of a physiological model. *Computers in Biology and Medicine*, 18. 1–16.
21. Batchinsky, A.I., Cooke, W.H., Kuusela, T.A., Jordan, B.S., Wang, J.J., Cancio, L.C. (2007): Sympathetic nerve activity and heart rate variability during severe hemorrhagic shock in sheep. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 136. 43–51.
22. Bell, N.J., Huxley, J.N. (2009): Locomotion, lameness and mobility in dairy cows. *Veterinary Record*, 164. 726–726.
23. Benus, R.F., Daas den, S., Koolhaas, J.M., Oortmerssen van, G.A. (1990): Routine formation and flexibility in social and non-social behaviour of aggressive and non-aggressive male mice. *Behaviour*, 112. 176–193.
24. Benus, R.F., Koolhaas, J.M., Oortmerssen van, G.A. (1987): Individual differences in behavioural reaction to a changing environment in mice and rats. *Behaviour*, 100. 105–122.
25. Bernston, G.G., Stowell, J.R. (1998): ECG artefacts and heart period variability: don't miss a beat! *Psychophysiology*, 35. 127–132.
26. Berntson, G.G., Bigger, T.J., Eckberg, D.L., Grossman, P., Kaufmann, P.G., Malik, M., Nagaraja, H.N., Porges, S.W., Saul, J.P., Stone, P.H., Molen, van der M.W. (1997): Heart rate variability: Origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*, 34. 623–648.
27. Bicalho, R.C., Warnick, L.D., Guard, C.L. (2008): Strategies to analyze milk losses caused by diseases with potential incidence throughout the lactation: A lameness example. *Journal of Dairy Science*, 91. 2653–2661.

28. Bickert, W.G., Speicher, J.A., Armstrong, D.V. (1974): Milking systems for large herds. *Journal of Dairy Science*, 57. 369–377.
29. Blackshaw, K.J., Allan, J.D. (1984): Note on some topics in applied animal behaviour. School of Veterinary Science, University of Queensland, St. Lucie, Brisbane, Australia, pp. 131.
30. Blowey, R. (2008): Cattle lameness and hoofcare an illustrated guide, 2nd edition. Old Pond Publishing Limited, Ipswich, UK, pp. 136.
31. Bohus, B., Benus, R.F., Fokkema, D.S., Koolhaas, J.M., Nyakas, C., Oortmerssen van, G.A., Prins, A.J.A., De Ruiter, A.J.H., Scheurink, A.J.W., Steffens, A.B. (1987): Neuroendocrine states and behavioral and physiological stress responses, pp. 57–70. In: De Kloet, E.R., Wiegant, V.M., De Wied, D. (eds.): *Progress in brain research*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands, pp. 346.
32. Boissy, A., Bouissou, M.F. (1998): Effects of early handling on heifers' subsequent reactivity to humans and unfamiliar situations. *Applied Animal Behaviour Science*, 20. 259–273.
33. Boissy, A., Le Neindre, P. (1997): Behavioral, cardiac and cortisol responses to brief peer separation and reunion in cattle. *Physiology and Behavior*, 61. 693–699.
34. Boissy, A., Manteuffel, G., Bak Jensen, M., Moe, R.O., Spruijt, B., Keeling, L., Winckler, C., Forkman, B., Dimitrov, I., Langbein, J., Bakken, M., Veissier, I., Aubert, A. (2007): Assessment of positive emotions in animals to improve their welfare. *Physiology and Behavior*, 92. 375–397.
35. Borell von, E. (2000): Stress and coping in farm animals. *Archiv für Tierzucht*, 43. 144–152.
36. Borell von, E. (2001): The biology of stress and its application to livestock housing and transportation assessment. *Journal of Animal Science*, 79. 260–267.
37. Borell von, 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.
38. Bouissou, M.F. (1980): La réduction du stress en élevage par action sur l'environnement physique et social. *Bulletin des G.T.V*, 80-2-TE-007. 5–14.
39. Brambell, F.W.R. (1965): Report of the technical committee to enquire into the welfare of animals kept under intensive livestock husbandry systems. *HMSO Command Papers*, 2836. London, pp. 87.
40. Bremner, K.J. (1997): Behaviour of dairy heifers during adaptation to milking. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 57. 105–108.
41. Brennan, M., Palaniswami, M., Kamen, P. (2001): Do existing measures of Poincaré plot geometry reflect nonlinear features of heart rate variability? *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 48. 1342–1347.

42. Brennan, M., Palaniswami, M., Kamen, P. (2002): Poincare plot interpretation using a physiological model of HRV based on a network of oscillators. *American Journal of Physiology*, 283. 1873–1886.
43. Breuer, K., Hemsworth, P.H., Barnett, J.L., Matthews, L.R., Coleman, G.J. (2003): Behavioural response to humans and the productivity of commercial dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 66. 273–288.
44. Breuer, K., Hemsworth, P.H., Barnett, J.L., Matthews, L.R., Coleman, G.J. (2000): Behavioural response to humans and the productivity of commercial dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 66. 273–288.
45. Bristow, D.J., Holmes, D.S. (2007): Cortisol levels and anxiety-related behaviors in cattle. *Physiology and Behavior*, 90. 626–628.
46. Broom, D.M. (1991): Animal welfare: concepts and measurement. *Journal of Animal Science*, 69. 4167–4175.
47. Broom, D.M. (1996): Animal welfare defined in terms of attempts to cope with the environment. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A – Animal Science*, 27. 22–28.
48. Broom, D.M., Johnson, K.G. (1993): Stress and animal welfare. Chapman & Hall, London, UK, pp. 211.
49. Brosh, A. (2007): Heart rate measurements as an index of energy expenditure and energy balance in ruminants: A review. *Animal Science*, 85. 1213–1227.
50. Brosh, A., Aharoni, Y., Degen, A., Wright, D., Young, B. (1998a): Effects of solar radiation, dietary energy, and time of feeding on thermoregulatory responses and energy balance in cattle in a hot environment. *Journal of Animal Science*, 76. 2671–2677.
51. Brosh, A., Aharoni, Y., Degen, A., Wright, D., Young, B. (1998b): Estimation of energy expenditure from heart rate measurements in cattle maintained under different conditions. *Journal of Animal Science*, 76. 3054–3064.
52. Brosh, A., Aharoni, Y., Shargal, E., Choshniak, I., Sharir, B., Gutman, M. (2004): Measurements of energy balance of grazing beef cows in Mediterranean pasture, the effects of stocking rate and season: 2. Energy expenditure estimation from heart rate and oxygen consumption, and the energy balance. *Livestock Production Science*, 90. 101–115.
53. Brosh, A., Henkin, Z., Ungar, E.D., Dolev, A., Orlov, A., Yehuda, Y., Aharoni, Y. (2006): Energy cost of cows' grazing activity: The use of heart rate GPS methods for direct field estimation. *Journal of Animal Science*, 84. 1951–1967.
54. Brosh, A., Henkin, Z., Ungar, E.D., Gutman, M., Dolev, A., Aharoni, Y. (2003): Grazing behaviour and energy expenditure of cows during three seasons of the year: measurements by GPS and heart rate techniques. *6th International Symposium on the Nutrition of Herbivores*, Merida, Yucatan, Mexico, pp. 385–389.
55. Bruckmaier, R.M. (2005): Normal and disturbed milk ejection in dairy cows. *Domestic Animal Endocrinology*, 29. 268–273.

56. Bruckmaier, R.M., Blum, J.W. (1998): Oxytocin release and milk removal in ruminants. *Journal of Dairy Science*, 81. 939–949.
57. Bruckmaier, R.M., Macuhova, J., Meyer, H.H.D. (2001): Specific aspects of milk ejection in robotic milking: a review. *Livestock Production Science*, 72. 169–176.
58. Bruckmaier, R.M., Schams, D., Blum, J.W. (1993): Milk removal in familiar and unfamiliar surroundings: concentrations of oxytocin, prolactin, cortisol and  $\beta$ -endorphin. *Journal of Dairy Research*, 60. 449–456.
59. Bruckmaier, R.M., Wellnitz, O., Blum, J.W. (1997): Inhibition of milk ejection in cows by oxytocin receptor blockade, -adrenergic receptor stimulation and in unfamiliar surroundings. *Journal of Dairy Research*, 64. 15–25.
60. Buccelletti, E., Gilardi, E., Scaini, E. (2009): Heart rate variability and myocardial infarction: systematic literature review and metanalysis. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 13. 299–307.
61. Buccelletti, F., Bocci, M.G., Gilardi, E., Fiore, V., Calcinaro, S., Fragnoli, C., Maviglia, R., Franceschi, F. (2012): Linear and Nonlinear Heart Rate Variability Indexes in Clinical Practice. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*. doi:10.1155/2012/219080.
62. Burchell, H.B. (1961): Editorial: Stephen Hales, September 17, 1677–January 4, 1761. *Circulation*, 23. 1–6.
63. Burton, A.R., Birznieks, I., Bolton, P.S., Henderson, L.A., Macefield, V.G. (2009): Effects of deep and superficial experimentally induced acute pain on muscle sympathetic nerve activity in human subjects. *The Journal of Physiology*, 587. 183–193.
64. Cacioppo, J.T., Berntson, G.G., Binkley, P.F., Quigley, K.S., Uchino, B.N., Fieldstone, A. (1994): Autonomic cardiac control. II. Basal response, noninvasive indices, and autonomic space as revealed by autonomic blockades. *Psychophysiology*, 31. 586–598.
65. Cannon, W.B. (1914): The emergency function of the adrenal medulla in pain and the major emotions. *American Journal of Physiology*, 33. 356–372.
66. Cannon, W.B. (1915): Bodily changes in pain, hunger, fear and rage. New York, Appleton, USA, pp. 334.
67. Carney, R.M., Freedland, K.E. (2009): Depression and heart rate variability in patients with coronary heart disease. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 76. 13–17.
68. Carrasco, S., Gaitan, M.J., 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.
69. Carvalho de, T.D., Pastre, C.T, Rossi, R.C., Abreu, de L.C., Valenti, V.E., Vanderlei, L.C.M. (2011): Geometric index of heart rate variability in chronic obstructive pulmonary disease. *Revista Portuguesa Pneumologia*, 17. 260–265.

70. Castiglioni, P., Parati, G., Di Rienzo, M., Carabalona, R., Cividjian, A., Quintin, L. (2011): Scale exponents of blood pressure and heart rate during autonomic blockade as assessed by detrended fluctuation analysis. *Journal of Physiology*, 589. 355–369.
71. Castro, M.N., Vigo, D.E., Weidema, H., Chu, E.C., Achával de, D., Fahrner, R.D., Nogués, M., Leiguarda, R.C., Cardinali, D.P., Guinjoan, S.M. (2009): Heart rate variability response to mental arithmetic stress is abnormal in first-degree relatives of individuals with schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 109. 134–140.
72. Cerutti, S., Bianchi, A.M., Mainardi, L.T. (1995): Spectral analysis of the heart rate variability signal, pp. 63–74. In: Malik, M., Camm, A.J. (eds.): *Heart rate variability*. Futura Publishing, Armonk, New York, USA, pp. 211.
73. Chapinal, N., Passillé de, A.M., Weary, D.M., Keyserlingk von, M.A.G., Rushen, J. (2009): Using gait score, walking speed, and lying behavior to detect hoof lesions in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92. 4365–4374.
74. Cingi, C.C., Baser, D.F., Karafakioglu, Y.S., Fidan, A.F. (2012): Stress Response in Dairy Cows Related to Rectal Examination. *Acta Scientiae Veterinariae*, 40. 1053.
75. Clabough, D.L., Swanson, C.R. (1989): Heart rate spectral analysis of fasting-induced bradycardia of cattle. *American Journal of Physiology*, 257. 1303–1306.
76. Clapham, W.M., Fedders, J.M., Swecker Jr, W.S., Scaglia, G., Fontenot, J.P. (2007): Heart rate variation: does it indicate stress in calves at weaning? *Proceedings of the Joint Conference of the American Forage and Grassland Council and the Branch of ASA-CSSA-SSSA*, Pennsylvania, USA, pp. 7.
77. Clement, F., Barrey, E. (1995): Heart rate fluctuations in the horse at rest: (1) investigation of heart rate changes by spectrum analysis. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences – Series III*, 318. 859–865.
78. Coetzee, J.F. (2013): Assessment and management of pain associated with castration in cattle. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*, 29. 75–101.
79. Cole, N.A., Camp, T.H., Rowe Jr, L.D., Stevens, D.G., Hutcheson, D.P. (1988): Effect of transport on feeder calves. *American Journal of Veterinary Research*, 49. 178–183.
80. Comin, A., Peric, T., Corazzin, M., Veronesi, M.C., Meloni, T., Zufferli, V., Cornacchia, G., Prandi, A. (2013): Hair cortisol as a marker of hypothalamic-pituitary-adrenal axis activation in Friesian dairy cows clinically or physiologically compromised. *Livestock Science*, 152. 36–41.
81. Cook, N.B. (2003): Prevalence of lameness among dairy cattle in Wisconsin as a function of housing type and stall surface. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 223. 1324–1328.
82. Cook, N.B., Bennett, T.B., Nordlund, K.V. (2005): Monitoring indices of cow comfort in free-stall-housed dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 88. 3876–3885.



83. Cook, N.B., Nordlund, K.V. (2009): Review: The influence of the environment on dairy cow behavior, claw health and herd health lameness dynamics. *The Veterinary Journal*, 179. 360–369.
84. Cook, N.J. (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.
85. Cook, N.J., Schaefer, A.L., Lepage, P., Morgan J.S. (1996): Salivary vs. serum cortisol for the assessment of adrenal activity in swine. *Canadian Journal of Animal Science*, 76. 329–335.
86. Cooke, R.F., Arthington, J.D., Araujo, D.B., Lamb, G.C. (2009): Effects of acclimation to human interaction on performance, temperament, physiological responses, and pregnancy rates of Brahman-crossbred cows. *Journal of Animal Science*, 87. 4125–4132.
87. Cooke, R.F., Mueller, C., DelCurto, T., Bohnert, D.W. (2010): Effects of temperament on reproductive and physiological responses of beef cows. In: *2010 Oregon Beef Council Report*, BEEF046. 10–13.
88. Cooley, J.W., Tukey, O.W. (1965): An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series. *Mathematica of Computation*, 19. 297–301.
89. Cooper, M.D., Arney, D.R., Philips, C.J.C. (2007): Two- or four hour lying deprivation on the behavior of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90. 1149–1158.
90. Cooper, T.R., Trunkfield, H.R., Zanella, A.J., Booth, W.D. (1989): An enzyme-linked immunosorbent assay for cortisol in the saliva of man and domestic farm animals. *Journal of Endocrinology*, 123. 13–16.
91. Crookshank, H.R., Elissalde, M.H., White, R.G., Clanton, D.C., Smalley, H.E. (1979): Effect of transportation and handling of calves upon blood serum composition. *Journal of Animal Science*, 48. 430–435.
92. Curley Jr, K.O., Neuendorff, D.A., Lewis, A.W., Cleere, J.J., Welsh, T.H., Randel, R.D. (2008): Functional characteristics of the bovine hypothalamic-pituitary-adrenal axis vary with temperament. *Hormones and Behavior*, 53. 20–27.
93. Dabiré, H., Mestivier, D., Jarnet, J., Safar, M.E., Chau, N.P. (1998): Quantification of sympathetic and parasympathetic tones by nonlinear indexes in normotensive rats. *American Journal of Physiology*, 275. 1290–1297.
94. Dantzer, R., Mormède, P. (1983): Stress in farm animals: a need for reevaluation. *Journal of Animal Science*, 57. 6–18.
95. Dawkins, M.S. (2008): The science of animal suffering. *Ethology*, 114. 937–945.
96. De Jong, I.C., Sgoifo, A., Lambooi, E., Korte, S.M., Blokhuis, H.J., Koolhaas, J.M. (2000): Effects of social stress on heart rate and heart rate variability in growing pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 80. 273–280.

97. De Koning, K., Rodenburg, J. (2004): Automatic milking: state of the art in Europe and North America, pp. 27–41. In: Meijering, A., Hogeveen, H., De Koning, C.J.A.M. (eds): *Automatic Milking. A Better Understanding*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, pp. 525.
98. De Weerd van, H. (2008): Bringing the issue of animal welfare to the public: A biography of Ruth Harrison (1920–2000). *Applied Animal Behaviour Science*, 113. 404–410.
99. Désiré, L., Veissier, I., Després, G., Boissy, A. (2004): On the way to assess emotions in animals: do lambs (*Ovis aries*) evaluate an event through its suddenness, novelty, or unpredictability? *Journal of Comparative Psychology*, 118. 363–374.
100. Després, G., Veissier, I., Boissy, A. (2002): Effect of autonomic blockers on heart period variability in calves: evaluation of the sympatho-vagal balance. *Physiological Research*, 51. 347–353.
101. DeVries, T.J., Keyserlingk von, M.A.G. (2006): Feed stalls affect the social and feeding behavior of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89. 3522–3531.
102. DeVries, T.J., Keyserlingk von, M.A.G., Weary, D.M. (2004): Effect of feeding space on the intercow-distance, aggression and feeding behavior of free-stall housed lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87. 1432–1438.
103. Dhabhar, F.S. (2000): Acute stress enhances while chronic stress suppresses skin immunity. The role of stress hormones and leukocyte trafficking. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 917. 876–893.
104. Dickson, D.P., Barr, G.R., Johnson, L.P., Wieckert, D.A. (1970): Social dominance and temperament of holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 53. 904–907.
105. Dippel, S., Dolezal, M., Brenninkmeyer, C., Brinkmann, J., March, S., Knierim, U., Winckler, C. (2009): Risk factors for lameness in freestall-housed dairy cows across two breeds, farming systems, and countries. *Journal of Dairy Science*, 92. 5476–5486.
106. Dodzi, M.S., Muchenje, V. (2011): Avoidance-related behavioural variables and their relationship to milk yield in pasture-based dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 133. 11–17.
107. Drissler, M., Gaworski, M., Tucker, C.B., Weary, D.M. (2005): Freestall Maintenance: Effects on Lying Behavior of Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 88. 2381–2387.
108. Duncan, I.J.H. (1996): Animal welfare in terms of feelings. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 27. 29–35.
109. Dzidic, A., Mačuhová, J., Bruckmaier, R.M. (2004): Effects of cleaning duration and water temperature on oxytocin release and milk removal in an automatic milking system. *Journal of Dairy Science*, 87. 4163–4169.
110. Eager, R.A., Norman, S.E., Waran, N.K., Price, J.P., Welsh, E.M., Marlin, D.J. (2004): Repeatability, diurnal variation and temperament: factors affecting heart rate variability in horses. *Proceedings of the 38th International Congress of the ISAE*, Helsinki, Finland, pp. 235.

111. Eckberg, D.L. (1997): Sympathovagal balance. A critical appraisal. *Circulation*, 96. 3224–3232.
112. Eckert, R. (1988): Animal physiology – mechanisms and adaptations. W.H. Freeman and Company, New York, USA, pp. 752.
113. Eloranta, E., Norberg, H., Nilsson, A., Pudas, T., Säkkinen, H. (2002): Individually Coded Telemetry: a Tool for Studying Heart Rate and Behaviour in Reindeer Calves. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 43. 135–144.
114. Engel, B.T., Schmale, A.H. (1972): Conservation-withdrawal: A primary regulator process for organic homeostasis, pp. 57–76. In: Porter, R., Knight, J. (eds.): *Symposium on Physiology, Emotions and Psychosomatic Illness*. Associated Scientific Publishers, Amstredam, The Netheterlands, pp. 421.
115. Espejo, L.A., Endres, M.I., Salfer, J.A. (2006): Prevalence of lameness in high-producing Holstein cows housed in freestall barns in Minnesota. *Journal of Dairy Science*, 89. 3052–3058.
116. Ewing, D.J., Martin, C.N., Young, R.J., Clarke, B.F. (1985): The value of cardiovascular autonomic function tests: 10 years experience in diabetes. *Diabetic Care*, 8. 491–498.
117. Farrell, T.G., Bashir, Y., Cripps, T., Malik, M., Poloniecki, J., Bennett, E.D., Ward, D.E., Camm, A.J. (1991): Risk stratification for arrhythmic events in post infarction patients based on heart rate variability, ambulatory electrocardiographic variables and signal averaged ECG. *Journal of American College of Cardiology*, 18. 687–697.
118. Fell, L.R., Shutt, D.A. (1986): Adrenocortical response of calves to transport stress as measured by salivary cortisol. *Canadian Journal of Animal Science*, 66. 637–641.
119. Fisher, L.A., Rivier, J., Rivier, C., Spiess, J., Vale, W., Brown, M.R. (1982): Corticotropin-releasing factor (CRF): Central effects on mean arterial pressure and heart rate in rats. *Endocrinology*, 110. 2222–2224.
120. Flak J.N., Jankord, R., Solomon, M.B., Krause, E.G., Herman, J.P. (2011): Opposing effects of chronic stress and weight restriction on cardiovascular, neuroendocrine and metabolic function. *Physiology and Behavior*, 104. 228–234.
121. Fleisher, L.A. (1996): Heart Rate Variability as an assessment of cardiovascular status. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 10. 659–671.
122. Fokkema, D.S., Koolhaas, J.M., Gugten van der, J (1995): Individual characteristics of behavior, blood pressure, and adrenal hormones in colony rats. *Physiology and Behavior*, 57. 857–862.
123. Fordyce, G., Goddard, M.E., Tyler, R., Williams, G., Toleman, M.A. (1985): Temperament and bruising of *Bos indicus* cross cattle. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 25. 283–288.

124. Forkman, B., Boissy, A., Meunier-Salaün, M.C., Canali, E., Jones, R.B. (2007): A critical review of fear tests used on cattle, pigs, sheep, poultry and horses. *Physiology and Behavior*, 92. 340–374.
125. Forslund, K.B., Ljungvall, O.A., Jones, B.V. (2010): Low cortisol levels in blood from dairy cows with ketosis: a field study. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 52. 31.
126. Francis, J.L., Weinstein, A.A., Krantz, D.S. (2009): Association between symptoms of depression and anxiety with heart rate variability in patients with implantable cardioverter defibrillators. *Psychosomatic Medicine*, 71. 821–827.
127. Fraser, D. (1995): Science, values and animal welfare: exploring the “inextricable connection”. *Animal Welfare*, 4. 103–117.
128. Fraser, D. (2003): Emerging animal welfare standards and their implications for animal hygiene. *Proceedings of the 11th International Congress in Animal Hygiene*, Mexico City, Mexico, pp. 61–66.
129. Fraser, D. (2008): *Understanding Animal Welfare: The Science in Its Cultural Context*. Wiley-Blackwell, Oxford, UK, pp. 324.
130. Friend, T.H., Polan, C.E. (1973): Social rank, feeding behavior and free stall utilization by dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 57. 1214–1220.
131. Fukasawa, M., Tsukada, H., Kosako, T., Yamada, A. (2008): Effect of lactation stage, season and parity on milk cortisol concentration in Holstein cows. *Livestock Science*, 113. 280–284.
132. Fulwider, W.K., Grandin, T., Garrick, D.J., Engle, T.E., Lamm, W.D., Dalsted, N.L., Rollin, B.E. (2007): Influence of free-stall base on tarsal joint lesions and hygiene in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90. 3559–3566.
133. Galindo, F., Broom, D.M. (2002): The effects of lameness on social and individual behavior of dairy cows. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 5. 193–201.
134. Geverink, N.A., Schouten, W.G.P., Gort, G., Wiegant, V.M. (2002): Individual differences in behavioral and physiological responses to restraint stress in pigs. *Physiology and Behavior*, 77. 451–457.
135. Giese, M., Handsworth, R., Stephenson, R. (1999): Measuring resting heart rates in penguins using an artificial egg. *Journal of Field Ornithology*, 70. 49–54.
136. Giuliani, A., Piccirillo, G., Marigliano, V., Colosimo, A. (1998): A non-linear explanation for aging induced changes in heartbeat dynamics. *American Journal of Physiology*, 275. 1455–1461.
137. Goeij de, D.C., Dijkstra, H., Tilders, F.J. (1992): Chronic psychosocial stress enhances vasopressin, but not corticotropin-releasing factor, in the external zone of the median eminence of male rats: relationship to subordinate status. *Neuroendocrinology*, 131. 847–853.

138. Goldberger, A.L., Amaral, L.A.N., Hausdorff, J.M., Ivanov, P.C., Peng, C.K., Stanley, H.E. (2002): Fractal dynamics in physiology: Alterations with disease and aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99. 2466–2472.
139. González, J.J., Cordero, J.J., Feria, M., Pereda, E. (2000): Detection and sources of nonlinearity in the variability of cardiac R–R intervals and blood pressure in rats. *American Journal of Physiology*, 279. 3040–3046.
140. Gonzalez, L.A., Tolkamp, B.J., Coffey, M.P., Ferret, A., Kyriazakis, I. (2008): Changes in feeding behavior as possible indicators for the automatic monitoring of health disorders in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91. 1017–1028.
141. Grandin, T. (1983): Behavioral agitation during handling of cattle is persistent over time. *Applied Animal Behaviour Science*, 36. 1–9.
142. Grandin, T. (1997): Assessment of stress during handling and transport. *Journal of Animal Science*, 75. 249–257.
143. Grant, R.J., Albright, J.L. (2001): Effect of animal grouping on feeding behavior and intake of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 84. E156–E163.
144. Green, L.E., Hedges, V.J., Schukken, Y.H., Blowey, R.W., Packington, A.J. (2002): The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85. 2250–2256.
145. Gross, C.G. (1998): Claude Bernard and the constancy of the internal environment. *Neuroscientist*, 4. 380–385.
146. Gupta, S., Earley, B., Ting, S.T.L., Leonard, N., Crowe, M.A. (2004): Technical note: effect of corticotropin-releasing hormone on adrenocorticotrophic hormone and cortisol in steers. *Journal of Animal Science*, 82. 1952–1956.
147. Guzik, P., Piskorski, J., Krauze, T., Schneider, R., Wesseling, K.H., Towicz, A.W., Wysocki, H. (2007): Correlations between the Poincaré Plot and conventional heart rate variability parameters assessed during paced breathing. *Journal of Physiological Sciences*, 57. 63–71.
148. Guzik, P., Piskorski, J., Krauze, T., Wykretowicz, A., Wysocki, A. (2006): Heart rate asymmetry by Poincaré plots of RR intervals. *Biomedizinische Technik*, 51. 272–275.
149. Gygax L., Neuffer, I., Kaufmann, C., Hauser, R., Wechsler, B. (2006): Milk cortisol concentration in automatic milking systems compared with auto-tandem milking parlors. *Journal of Dairy Science*, 89. 3447–3454.
150. Gygax, L., Neuffer, I., Kaufmann, C., Hauser, R., Wechsler, B. (2008): Restlessness behaviour, heart rate and heart-ratevariability of dairy cows milked in two types of automatic milking systems and auto-tandem milking parlours. *Applied Animal Behaviour Science*, 109. 167–179.
151. Györkös I. (2006): Az állatjóléti vizsgálatok lehetőségei. *Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia*, 2. 2–9.

152. 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.
153. Hagen, K., Lexer, D., Palme, R., Troxler, J., Waiblinger, S. (2004): Milking of Brown Swiss and Austrian Simmental cows in a herringbone parlour or an automatic milking unit. *Applied Animal Behaviour Science*, 88. 209–225.
154. Hainsworth, R. (1995): The control and physiological importance of heart rate. In Heart rate variability, pp. 3–19. In: Malik, M., Camm, A.J. (eds.): *Heart rate variability*. Futura Publishing, Armonk, New York, USA, pp. 211.
155. Hainsworth, R. (1998): Physiology of the cardiac autonomic system, pp. 3–28. In: Malik, M. (ed.): *Clinical guide to cardiac autonomic tests*. Kluwer Academic Publishers, Dodrecht, The Netherlands, pp. 423.
156. Haley, D.B., Passillè de, A.M., Rushen, J. (2001): Assessing cow comfort: Effects of two floor types and two tie stall designs on the behaviour of lactating dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 71. 105–117.
157. Hamner, J.W., Morin, R.J., Rudolph, J.L., Taylor, J.A. (2001): Inconsistent link between low-frequency oscillations: R–R interval responses to augmented Mayer waves. *Journal of Applied Physiology*, 90. 1559–1564.
158. Hand, J.L. (1986): Resolution of social conflicts: dominance, egalitarianism, spheres of dominance and game theory. *The Quarterly Review of Biology*, 61. 201–220.
159. Hansen, S., Borell von, E. (1998): Impact of pig grouping of sympatho-vagal balance as measured by heart rate variability, pp. 97. In: Veissier, I., Boissy, A. (eds.): *Proceedings of the 32nd Congress of the international Society of Applied Ethology*, INRA, Clermont-Ferrand, France, pp. 162.
160. Hanzséros, F. (2005): Az állatvédelem, illetve az állatjóllét aktuális kérdései Magyarország Európai Unió csatlakozása tükrében. *Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia*, 1. 184–197.
161. Harri, M., Kohonen, T., Mononen, J. (1994): Heart rate of blue fox (*Alopex lagopus*) in normal and simulated situations of farm life. *Proceedings of the 28th International Congress of the ISAE*, Foulum, Denmark, pp. 34.
162. Harrison, R. (1964): *Animal machines*. CAB International Publishing, Wallingford, Oxon, UK, pp. 220.
163. Hasegawa, N., Nishiwaki, A., Sugawara, K., Ito, I. (1997): The effects of social exchange between two groups of lactating primiparous heifers on milk production, dominance order, behavior and adrenocortical response. *Applied Animal Behaviour Science*, 51. 15–27.
164. Haskell, M.J., Rennie, L.J., Bowell, V.A., Bell, M.J., Lawrence, A.B. (2006): Housing system, milk production, and zerograzing effects on lameness and leg injury in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89. 4259–4266.

165. Hejmel, L., Gál, I. (2001): Heart rate variability analysis. *Acta Physiologica Hungarica*, 88. 219–230.
166. Hemsworth, P.H. (2003): Human-animal interactions in livestock production. *Applied Animal Behaviour Science*, 81. 185–198.
167. Hemsworth, P.H., Boivin, X. (2011). Human contact, pp. 246–262. In: Appleby, M.C., Mench, J.A., Olsson, I.S., Hughes, B.O. (eds.): *Animal Welfare*. CAB International Publishing, Wallingford, Oxon, UK, pp. 328.
168. Hermans, G.G., Ipema, A.H., Stefanowska, J., Metz, J.H. (2003): The effect of two traffic situations on the behavior and performance of cows in an automatic milking system. *Journal of Dairy Science*, 86. 1997–2004.
169. Hess, W.R. (1947): Vegetative Funktionen und Zwischenhirn. *Helvetica Physiologica et Pharmacologica Acta*, 5. 5–65.
170. Hensing, M.J.C., Hagelso, A.M., Schouten, W.G.P., Wiepkema, P.R., Beek van, JAM. (1994): Individual behavioral and physiological strategies in pigs. *Physiology and Behavior*, 55. 39–46.
171. Hirsh, J.A., Bishop, B. (1981): Respiratory sinus arrhythmia in humans; how breathing pattern modulates heart rate. *American Journal of Physiology*, 241. 620–629.
172. Hofer, H., East, M.L. (1998): Biological conservation and stress. *Advances in Study of Behaviour*, 27. 405–525.
173. Holst von, D. (1998): The concept of stress and its relevance for animal behavior. *Advances in Study of Behaviour*, 27. 1–131.
174. Hon, E.H., Lee, S.T. (1965): Electronic evaluations of the fetal heart rate patterns preceding fetal death, further observations. *American Journal of Obstetric Gynecology*, 87. 814–826.
175. Hopster, H., Blokhuis, H.J. (1994): Validation of a heart-rate monitor for measuring a stress-response in dairy-cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 74. 465–474.
176. Hopster, H., Bruckmaier, R.M., Werf van der, J.T.N., Korte, S.M., Macuhova, J., Korte-Bouws, G., Renen van, C.G. (2002): Stress responses during milking; comparing conventional and automatic milking in primiparous dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85. 3206–3216.
177. Hopster, H., Joop, T., Werf van der, J.T.N., Blokhuis, H.J. (1998): Side preference of dairy cows in the milking parlour and its effects on behaviour and heart rate during milking. *Applied Animal Behaviour Science*, 55. 213–229.
178. Hopster, H., O’Connell, J.M., Blokhuis, H.J. (1995): Acute effects of cow-calf separation on heart rate, plasma cortisol and behaviour in multiparous dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 44. 1–8.

179. Hopster, H., Werf van der, J.T.N., Erkens, J.H.F., Blokhuis, H.J. (1999): Effects of repeated jugular puncture on plasma cortisol concentrations in loose-housed dairy cows. *Journal of Animal Science*, 77. 708–714.
180. Horst, R.L., Jorgensen, N.A. (1982): Elevated plasma cortisol during induced and spontaneous hypocalcaemia in ruminants. *Journal of Dairy Science*, 65. 2332–2337.
181. Houle, M.S., Billman, G.E. (1999): Low-frequency component of the heart rate variability spectrum: a poor marker of sympathetic activity. *American Journal of Physiology*, 276. 215–223.
182. Huikuri, H.V., Niemelä, M.J., Ojala, S., Rantala, A., Ikäheimo, M.J., Airaksinen, K.E.J. (1994): Circadian rhythms of frequency domain measures of heart rate variability in healthy subjects and patients with coronary artery disease. *Circulation*, 90. 121–126.
183. Huikuri, H.V., Seppanen, T., Koistinen, M.J., Airaksinen, J., Ikaheimo, M.J., Castellanos, A., Myerburg, R.J. (1996): Abnormalities in beat-to-beat dynamics of heart rate before the spontaneous onset of life-threatening ventricular tachyarrhythmias in patients with prior myocardial infarction. *Circulation*, 93. 1836–1844.
184. Hull, S., Evans, S., Vanoli, A.R., Adamson, E., Stramba, P.B., Badiale, M., Albert, D.E., Foreman, R.D., Schwartz, P.J. (1990): Heart rate variability before and after myocardial infarction in conscious dogs at high and low risk of sudden death. *Journal of the American College of Cardiology*, 16. 978–985.
185. Huzzey, J.M., DeVries, T.J., Valois, P., Keyserlingk von, M.A.G. (2006): Stocking density and feed barrier design affect the feeding and social behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 89. 126–133.
186. Ingrand, S. (2000): Comportement alimentaire, quantités ingérées et performances des bovins conduits en groupe. *INRA Production Animales*, 13. 151–163.
187. Jacobs, J.A., Siegford, J.M. (2012): The impact of automatic milking system on dairy cow management, behavior, health and welfare. *Journal of Dairy Science*, 95. 2227–2247.
188. Janssens, C.J., Helmond, F.A., Wiegant, V.M. (1995): Chronic stress and pituitary-adrenocortical responses to corticotropin-releasing hormone and vasopressin in female pigs. *European Journal of Endocrinology*, 132. 479–486.
189. Janžekovič, M. (2005): Measuring heart rate of cows in milking parlour. *Agricultura*, 2. 21–25.
190. Janžekovič, M., Muršec, B., Janžekovič, I. (2006): Techniques of measuring heart rate in cattle. *Tehnički Vjesnik*, 13. 31–37.
191. Johnson, E.O., Kamilaris, T.C., Chrousos, G.P., Gold, P.W. (1992): Mechanisms of stress: A dynamic overview of hormonal and behavioral homeostasis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 16. 115–130.



192. Johnson, T.A., Gray, A.L., Lauenstein, J.M., Newton, S.S., Massari, V.J. (2004): Parasympathetic control of the heart. I. An interventriculo-septal ganglion is the major source of the vagal intracardiac innervation of the ventricles. *Journal of Applied Physiology*, 96. 2265–2272.
193. Juarez, S.T., Robinson, P.H., DePeters, E.J., Price, E.O. (2003): Impact of lameness on behavior and productivity of lactating Holstein cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 83. 1–14.
194. Jurkovich V., Fóris B., Végh Á. (2012b): Az állatjóllét értékelésének lehetőségei tejtermelő tehenészetekben. Irodalmi összefoglaló. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 134. 442–448.
195. Jurkovich V., Olaszky K., Lehoczky J., Könyves L., Tirián A., Brydl E. (2007): Egyes lábvégbetegségek előfordulása tejhasznú tehenészetekben. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 129. 468–473.
196. Jurkovich, V., Flóris, B., Könyves, L., Kovács, P., Brydl, E. (2012a): Digital dermatitis and other claw disorders mean a serious welfare problem in Hungarian dairy herds. *Proceedings of the Dairy Cattle Welfare Symposium*, Guelph, Ontario, Canada, pp. 208–209.
197. Jurkovich, V., Tózsér, J., Kovács, L. (2013): The effect of aggressive behaviour on HRV parameters of lame and non lame cows during feeding. *Proceedings and abstracts of the 31st World Veterinary Congress*, Prague, Czech Republic, pp. 487.
198. Kabuga, J.D., Appiah, P. (1992): A note of the ease of handling and flight distance of *Bos indicus*, *Bos taurus* and their crossbreds. *Animal Production*, 54. 309–311.
199. Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N., Maltz, E. (2002): Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science*, 77. 59–91.
200. Kahrer, E., Moestl, E., Baumgartner, W. (2006): Measurement of cortisol metabolites in faeces of transported cows with abomasal displacement. *Bulletin of the Veterinary Institut in Pulawy*, 50. 105–106.
201. Kamath, M.V., Fallen, E.L. (1995): Correction of the heart rate variability signal for ectopics and missing beats, pp. 75–85. In: Malik, M., Camm, A.J. (eds.): *Heart rate variability*. Futura Publishing, Armonk, New York, USA, pp. 211.
202. Kamen, P.W., Krum, H., Tonkin, A.M. (1996): Poincaré plot of heart rate variability allows quantitative display of parasympathetic nervous activity in humans. *Clinical Science*, 91. 201–218.
203. Kanters, J.L., Hojgaard, M.V., Agner, E., Holstein-Rathlou, N.H. (1996): Short- and long-term variations in non-linear dynamics of heart rate variability. *Cardiovascular Research*, 31. 400–409.
204. Kanwisher, J.W., Williams, T.C., Teal, J.M., Lawson, K.O. (1978): Radiotelemetry of heart rates from free-ranging gulls. *The Auk: Ornithological Advances*, 95. 288–293.
205. Kardos A., Gingl Z. (1994): A szisztémás vérnyomás és a pulzusvariabilitás folyamatos, nem invazív, on-line vizsgálata emberben. *Cardiologia Hungarica*, 2. 39–52.

206. Kato, T., Ohmura, H., Hiraga, A., Wada, S., Kuwahara, M., Tsubone, H. (2003): Changes in heart rate variability in horses during immersion in warm springwater. *American Journal of Veterinary Research*, 64. 1482–1485.
207. Kautzner, J., Hnatkova, K. (1995): Correspondence of different methods for heart rate variability measurements, pp. 119–126. In: Malik, M., Camm, A.J. (eds.): *Heart rate variability*. Futura Publishing, Armonk, New York, USA, pp. 211.
208. Ketelaar de Lauwere, C.C., Devir, S., Metz, J.H.M. (1996): The influence of social hierarchy on the time budget of cows and their visits to an automatic milking system. *Applied Animal Behaviour Science*, 49. 199–211.
209. Ketelaar de Lauwere, C.C., Hendriks, M.M.W., Metz, J.M.H., Schouten, W.G.P. (1998): Behaviour of dairy cows under free or forced cow traffic in a simulated automatic milking system environment. *Applied Animal Behaviour Science*, 56. 13–28.
210. Keyserlingk von, M.A.G., Rushen, R., Passillè de, A.M., Weary, D.M. (2009): Invited review: the welfare of dairy cattle – Key concepts and the role of science. *Journal of Dairy Science*, 92. 4101–4111.
211. Kilgour, R.J., Melville, G.J., Greenwood, P.L. (2006): Individual differences in the reaction of beef cattle to situations involving social isolation, close proximity of humans, restraint and novelty. *Applied Animal Behaviour Science*, 99. 21–40.
212. King, D.A., Schuehle Pfeiffer, C.E., Randel, R.D., Welsh, T.H., Oliphint, R.A., Baird, B.E., Curley Jr, K.O., Vann, R.C., Hale, D.S., Savell, J.W. (2006): Influence of animal temperament and stress responsiveness on the carcass quality and beef tenderness of feedlot cattle. *Meat Science*, 74. 546–556.
213. Kitney, R.I. (1974): The analysis and simulation of the human thermoregulatory control system. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 12. 57–64.
214. Kitney, R.I. (1980): An analysis of the thermoregulatory influences on heart rate variability, pp. 81–106. In: Kitney R.I., Rompelman, I. (eds.): *The Study of Heart Rate Variability*. Clarendon Press, Oxford, UK, pp. 246.
215. Kitney, R.I., Fulton, T., McDonald, A.H., Linkens, D.A. (1985): Transient interactions between blood pressure, respiration and heart rate in man. *Journal of Biomedical Engineering*, 7. 217–224.
216. Kleiger, R.E., Miller, J.P., Bigger Jr, J.T., Moss, A.J. (1987): Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. *American Journal of Cardiology*, 59. 256–262.
217. Kleiger, R.E., Stein, P.K., Bigger Jr, J.T. (2005): Heart Rate Variability: Measurement and Clinical Utility. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 10. 88–101.
218. Kleiger, R.E., Stein, P.K., Bosner, M.S., Rottman, J.N. (1992): Time domain measurements of heart rate variability. *Cardiology Clinics*, 10. 487–498.

219. Kleiger, R.E., Stein, P.K., Bosner, M.S., Rottman, J.N. (1995): Time domain measurements of heart rate variability, pp. 33–45. In: Malik, M., Camm, A.J. (eds.): *Heart rate variability*. Futura Publishing, Armonk, New York, USA, pp. 211.
220. Koenig J., Jarczok, M.N., Ellis, R.J., Hillecke, T.K., Thayer, J.F. (2013): Heart rate variability and experimentally induced pain in healthy adults: A systematic review. *European Journal of Pain*, doi: 10.1002/j.1532-2149.2013.00379.x.
221. Kohonen, T., Mononen, J., Harri, M. (1994): Heart rate of farmbred blue foxes in different behavioural states. *Suomen Eläinlääkärilehti*, 100. 129.
222. Konold, T., Bone, G.E. (2011): Heart rate variability analysis in sheep affected by transmissible spongiform encephalopathies. *BMC Research Notes*, 4. 539.
223. Konold, T., Bone, G.E., Simmons, M.M. (2011): Time and frequency domain analysis of heart rate variability in cattle affected by bovine spongiform encephalopathy. *BMC Research Notes*, 4. 259.
224. Koolhaas, J.M., Boer de, S.F., Coppens, C.M., Buwalda, B. (2010): Neuroendocrinology of coping styles: Towards understanding the biology of individual variation. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 31. 307–321.
225. Koolhaas, J.M., Korte, S.M., De Boer, S.F., Vegt van der, B.J., Reenen van der, C.G., Hopster, H., De Jong, I.C., Ruis, M.A.V., Blokhuis, H.J. (1999): Coping styles in animals: Current status in behavior and stress-physiology. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 23. 925–935.
226. Korpelainen, J.T., Sotaniemi, K.A., Huikuri, H.V., Myllylä, V.V. (1997): Circadian rhythm of heart rate variability is reversibly abolished in ischemic stroke. *Stroke*, 28. 2150–2154.
227. Korte, S.M., Beuving, G., Ruesink, W., Blokhuis, H.J. (1997): Plasma catecholamine and corticosterone levels during manual restraint in chicks from a high and low feather pecking line of laying hens. *Physiology and Behavior*, 62. 437–441.
228. Korte, S.M., Bouws, G.A.H., Bohus, B. (1993): Central actions of corticotropin-releasing hormone (CR-H) on behavioral, neuroendocrine and cardiovascular regulation: brain corticoid receptor involvement. *Hormones and Behavior*, 27. 167–83.
229. Korte, S.M., Ruesnik, W., Blokhuis, H.J. (1999): Heart rate variability during manual restraint in chicks from high- and low-feather pecking lines of laying hens. *Physiology and Behavior*, 65. 649–652.
230. Kostelanetz, S., Dickens, M.J., Romero, L.M. (2009): Combined effects of molt and chronic stress on heart rate, heart rate variability, and glucocorticoid physiology in European starlings. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 154. 493–501.
231. Kovács A.Z., Gyirmóthy B. (2008): A főbb értékmérő tulajdonságokhoz kapcsolódó viselkedésformák és jelentőségük a házasított szarvasmarhánál. *Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia*, 4. 180–190.

232. Kovács L., Nagy K., Kultus, K., Szenci O., Tózsér J. (2012): Tejelő tehenek szívritmus-változékonysága a fejés körüli időszakban. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 134. 653–661.
233. Kovács, L., Bakony, M., Tózsér, J., Jurkovich, V. (2013a): 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.
234. Kovács, L., Kézér, L., Tózsér, J. (2013b): Measuring stress level of dairy cows during milking using by geometric indices of heart rate variability. *Scientific Papers: Animal Sciences and Biotechnologies*, 46. 1. 213-217.
235. Kremer, J.H., Ordolff, D. (1992): Experience with continuous robot milking with regard to milk yield, milk composition and behavior of cows, pp. 253–260. In: Ipema, A.H., Lippus, A.C., Metz, J.H.M., Rossing, W. (eds.): *Proceeding of the International Symposium on Prospects for Automatic Milking*, Wageningen, The Netherlands, EAAP series, pp. 575.
236. Krstacic, G., Parati, G., Gamberger, D., Castiglioni, P., Krstacic, A., Steiner, R. (2012): Heart rate variability and nonlinear dynamic analysis in patients with stress-induced cardiomyopathy. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 50. 1037–1046.
237. Kudi, A.C., Kalla, D.J., Niba, A.T., Danbirni, S. (2009): Effect Of Lamenss On Body Condition Score, Live Weight And Milk Yield Of Holstein Friesian Dairy Cattle. *The Internet Journal of Veterinary Medicine*. doi:10.5580/2923.
238. Kuwahara, M., Hashimoto, S., Ishii, K., Yagi, Y., Hada, T., Hiraga, A., Kai, M., Kubo, K., Oki, H., Tsubone, H., Sugano, S. (1996): Assessment of autonomic nervous function by power spectral analysis of heart rate variability in the horse. *Journal of the Autonomic Nervous System*, 60. 43–48.
239. Kuwahara, M., Hiraga, A., Kai, M., Tsubone, H., Sugano, S. (1999): Influence of training on autonomic nervous function in horses: evaluation by power spectral analysis of heart rate variability. *Equine Veterinary Journal*, 30. 178–180.
240. Kuwahara, M., Hiraga, A., Nishimura, T., Tsubone, H., Sugano, S. (1998): Power spectral analysis of heart rate variability in a horse with atrial fibrillation. *Journal of Veterinary Medical Science*, 60. 111–114.
241. Kuwahara, M., Tsujino, Y., Tsubone, H., Kumagai, E., Tsutsumi, H., Tanigawa, M. (2004): Effects of pair housing on diurnal rhythms of heart rate and heart rate variability in miniature swine. *Experimental Animals*, 53. 303–309.
242. Ladewig, J. (2000): Chronic intermittent stress: a model for the study of long-term stressors, pp. 159–169. In: Moberg, G.P., Mench, J.A. (eds.): *The Biology of Animal Stress*. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, pp. 377.
243. Ladewig, J., Stribny, K. (1988): A simplified method for the stress-free continuous blood collection in large animals. *Laboratory Animal Science*, 38. 333–334.
244. Laister, S., Stockinger, B., Regner, A.M., Zenger, K., Knierim, U., Winckler, C. (2011): Social licking in dairy cattle – Effects on heart rate in performers and receivers. *Applied Animal Behaviour Science*, 130. 81–90.

245. Lanfranchi, P.A., Somers, V.K. (2002): Arterial baroreflex function and cardiovascular variability: interactions and implications. *American Journal of Physiology – Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 283. 815–826.
246. Láng E. (1994): A vegetatív reaktivitás pszichofiziológiai vizsgálata emberen. *Progress Report*. OTKA (622) Beszámoló.
247. Langbein, J., Nürnberg, G., Manteuffel, G. (2003): Telemetric measurement of heart rate and heart rate variability for evaluating psychological induced by visual discrimination learning in dwarf goats, pp. 105–111. In: Cox, S. (ed.): *Precision Livestock Farming*. Wageningen Academic Publishers, pp. 368.
248. Langbein, J., Nürnberg, G., Manteuffel, G. (2004): Visual discrimination learning in dwarf goats and associated changes in heart rate and heart rate variability. *Physiology and Behavior*, 82. 601–609.
249. Langer D., Faludi J., Tóth M., Sótonyi P. (2010): A ló teljesítményét megalapozó sporélettani kutatások. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 59. 267–276.
250. Langewitz, W., Rüdell, H., Schächinger, H., Lepper, W., Mulder, L.J.M., Veldman, J.H.P., Roon van, A. (1991): Changes in sympathetic and parasympathetic cardiac activation during mental load: an assessment by spectral analysis of heart rate variability. *Homeostasis*, 33. 1–2.
251. Lay Jr, D.C., Friend, T.H., Randel, R.D., Jenkins, O.C., Neuendorff, D.A., Kapp, G.M., Bushong, D.M. (1996): Adrenocorticotrophic hormone dose response and some physiological effects of transportation on pregnant Brahman cattle. *Journal of Animal Science*, 74. 1806–1811.
252. Le Neindre, P., Trillat, G., Sapa, J., Ménissier, F., Bonnet, J.N., Chupin, J.M. (1995): Individual differences in docility in limousin cattle. *Journal of Animal Science*, 73. 2249–2253.
253. Lebelt, D., Zanella, A.J., Unshelm, J. (1998): Physiological correlates associated with cribbing behaviour in horses: changes in thermal threshold, heart rate, plasma  $\beta$ -endorphin and serotonin. *Equine Veterinary Journal*, 27. 21–27.
254. LeBlanc, S.J., Duffield, T.F., Leslie, K.E., Bateman, K.G., Keefe, G.P., Walton, J.S., Johnson, W.H. (2002): Defining and diagnosing postpartum clinical endometritis and its impact on reproductive performance in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85. 2223–2236.
255. Ledowski, T., Reimer, M., Chavez, V., Kapoor, V., Wenk, M. (2012): Effects of acute postoperative pain on catecholamine plasma levels, hemodynamic parameters, and cardiac autonomic control. *Pain*, 153. 759–764.
256. Lefcourt, A.M., Erez, B., Varner, M.A., Barfield, R., Tasch, U. (1999): A noninvasive radio-telemetry system to monitor heart rate for assessing stress responses of bovines. *Journal of Animal Science*, 82. 1179–1187.
257. Lemaire, V., Mormède, P. (1995): Telemetered recording of blood pressure and heart rate in different strains of rats during chronic social stress. *Physiology and Behavior*, 58. 1181–1188.

258. Lensink, B.J., Reenen van, C.G., Engel, B., Rodenburg, T.B., Veissier, I. (2003): Repeatability and reliability of an approach test to determine calves' responsiveness to humans: "a brief report". *Applied Animal Behaviour Science*, 83. 325–330.
259. Lensink, J., Fernandez, X., Cozzi, G., Florand, L., Veissier, I. (2001): The influence of farmers' behaviour on calves' reactions to transport and quality of veal meat. *Journal of Animal Science*, 79. 642–652.
260. Lerma, C., Martinez, A., Ruiz, N., Vargas, A., Infante, O., Martinez-Lavin, M. (2011): Nocturnal heart rate variability parameters as potential fibromyalgia biomarker: correlation with symptoms severity. *Arthritis Research and Therapy*, 13. 6.
261. Levine, S., Wiener, S.G. (1991): Coping with uncertainty: A paradox, pp. 1–15. In: Palermo, D.S. (ed.): *Coping with uncertainty – Behavioural and developmental perspective*. Academic Press, New York, USA, pp. 450.
262. Levy, M.N., Martin, P.J. (1979): Neural control of the heart, pp. 581–620. In: Berne, R.M. (ed.): *Handbook of physiology*. American Physiological Society, Bethesda, Maryland, USA, pp. 653.
263. Lewis, M.J., Kingsley, M., Short, A.L., Simpson, K. (2007): Influence of high-frequency bandwidth on heart rate variability analysis during physical exercise. *Biomedical Signal Processing and Control*, 2. 34–39.
264. Li, L., Li, K., Cheng, S., Liu, C., Liu, C. (2012): Five-class density histogram and its application in short-term heart rate variability. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 32. 287–291.
265. Little, C.J.L., Julu, P.O.O., Hansen, S., Mellor, D.J., Milne, M.H., Barrett, D.C. (1996): Measurement of cardiac vagal tone in cattle: a possible aid to the diagnosis of BSE. *Veterinary Record*, 139. 527–528.
266. Loijens, L.W., Janssens, C.J., Schouten, W.G., Wiegant, W.M. (2002): Opioid activity in behavioral and heart rate responses of tethered pigs to acute stress. *Physiology and Behavior*, 75. 621–626.
267. Luczak, H., Lauring, W.J. (1973): An analysis of heart rate variability. *Ergonomics*, 16. 85–97.
268. Mačuhová, J., Tančin, V., Bruckmaier, R.M. (2004): Oxytocin release and milk removal after delayed or long-lasting teat cup attachment during automatic milking. *Livestock Production Science*, 87. 237–244.
269. Maestri, R., Pinna, G.D., Porta, A., Balocchi, R., Sassi, R., Signorini, M.G., Dudziak, M., Raczak, G. (2007): Assessing nonlinear properties of heart rate variability from short-term recordings: are these measurements reliable? *Physiological Measurement*, 28. 1067–1077.
270. Major, P. (1998): Subtle physical activity poses a challenge to the study of heart rate. *Physiology and Behavior*, 63. 381–384.

271. Malik, M., Farrell, T., Cripps, T., Camm, A.J. (1989): Heart rate variability in relation to prognosis after myocardial infarction: selection of optimal processing techniques. *European Heart Journal*, 10. 1060–1074.
272. Malliani, A. (1995): Association of heart rate variability components with physiological regulatory mechanisms, pp. 173–188. In: Malik, M., Camm, A.J. (eds.): *Heart rate variability*. Futura Publishing, Armonk, New York, USA, pp. 211.
273. Malliani, A., Pagani, M., Lombardi, F., Cerutti, S. (1991): Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation*, 84. 482–492.
274. Malpas, S.C., Purdie, G.L. (1990): Circadian variation of heart rate variability. *Cardiovascular Research*, 24. 210–213.
275. Manzo, A., Ootaki, C., Kamohara, K., Fukamachi, K. (2009): Comparative study of heart rate variability between healthy human subjects and healthy dogs, rabbits and calves. *Laboratory Animals*, 43. 41–45.
276. Marchant, J.N., Rudd, A.R., Broom, D.M. (1997): The effects of housing on heart rate of gestating sows during specific behaviours. *Applied Animal Behaviour Science*, 55. 67–78.
277. Marchant-Forde, R.M., Marchant-Forde, J.N. (2004a): Pregnancy-related changes in behavior and cardiac activity in primiparous pigs. *Physiology and Behavior*, 82. 815–825.
278. Marchant-Forde, R.M., Marlin, D.J., Marchant-Forde, J.N. (2004b): Validation of a cardiac monitor for measuring heart rate variability in adult female pigs: accuracy, artefacts and editing. *Physiology and Behavior*, 80. 449–458.
279. Martí, O., García, A., Vellès, A., Harbuz, M.S., Armario, A. (2001): Evidence that a single exposure to aversive stimuli triggers long-lasting effects in the hypothalamus-pituitary-adrenal axis that consolidate with time. *European Journal of Neuroscience*, 13. 129–136.
280. Martin, P., Bateson, P. (2007): *Measuring Behaviour. An Introductory Guide*, 3rd Edition. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 186.
281. Mason, J.W. (1971): A re-evaluation of the concept of “non-specificity” in stress theory. *Journal of Psychiatric Research*, 8. 323–333.
282. Massin, M.M., Maeyns, K., Withofs, N., Ravet, F., Gerard, P. (2000): Circadian rhythm of heart rate and heart rate variability. *Archives of Disease in Childhood*, 83. 179–182.
283. Matteri, R.L., Carroll, J.A. Dyer, C.J. (2000): Neuroendocrine responses to stress, pp. 43–76. In: Moberg, G.P., Mench, J.A. (eds.): *The biology of animal stress*. CAB International Publishing, Wallingford, Oxon, UK, pp. 377.
284. McBride, S.D., Cuddelford, D. (2001): The putative welfare reducing effects of preventing equine stereotypic behaviour. *Animal Welfare*, 10. 173–189.
285. McCraty, R., Tiller, W.A., Atkinson, M. (1996): Head–heart entrainment: a preliminary survey. *Proceedings of the Brain–Mind Applied Neurophysiology EEG Neurofeedback Meeting*, Key West, Florida, USA, pp. 1–9.

286. McGaugh, J.L. (1983): Hormonal influences on memory. *Annual Reviews of Psychology*, 34. 297–323.
287. Meeus, M., Goubert, D., De Backer, F., Struyf, F., Hermans, L., Coppieters, I., De Wandele, I., Da Silva, H., Calders, P. (2013): Heart rate variability in patients with fibromyalgia and patients with chronic fatigue syndrome: a systematic review. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, 43. 279–287.
288. Melillo, P., Bracale, M., Pecchia, L. (2011): Nonlinear Heart Rate Variability features for real-life stress detection. Case study: students under stress due to university examination. *BioMedical Engineering OnLine*, 10. 96.
289. Melin, M., Pettersson, G., Svennersten-Sjaunja, K., Wiktorsson, H. (2007): The effects of restricted feed access and social rank on feeding behavior, ruminating and intake for cows managed in automated milking systems. *Applied Animal Behaviour Science*, 107. 13–21.
290. Mellor, D.J., Cook, C.J., Stafford, K.J. (2000): Quantifying some responses to pain as a stressor, pp. 171–198. In: Moberg, G.P., Mench, J.A. (eds.): *The biology of animal stress*. CAB International Publishing, Wallingford, Oxon, UK, pp. 377.
291. Mésangeau, D., Laude, D., Elghozi, J.L. (2000): Early detection of cardiovascular autonomic neuropathy in diabetic pigs using blood pressure and heart rate variability. *Cardiovascular Research*, 45. 889–899.
292. Metz, J.H.M., Wierenga, H.K. (1987): Behavioural criteria for the design of housing systems for cattle, pp. 14–25. In: Wierenga H.K., Peterse, D.J. (eds.): *Cattle housing systems, lameness and behaviour*. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 187.
293. Mialon, M.M., Deiss, V., Andanson, S., Anglard, F., Doreau, M., Veissier, I. (2012): An assessment of the impact of rumenocentesis on pain and stress in cattle and the effect of local anaesthesia. *The Veterinary Journal*, 194. 55–59.
294. Miller, K., Wood-Gush, D.G.M. (1991): Some effects of housing on the social behaviour of dairy cows. *Animal Production*, 53. 271–278.
295. Millspaugh, J.J., Woods, R.J., Hunt, K.E., Raedeke, K.J., Brundige, G.C., Washburn, B.E., Wasser, S.K. (2001): Fecal Glucocorticoid Assays and the Physiological Stress Response in Elk. *Wildlife Society Bulletin*, 29. 899–907.
296. Milmann, S.T. (2013): Behavioral responses of cattle to pain and implications for diagnosis, management and animal welfare. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 29. 47–58.
297. Minero, M., Canali, E., Ferrante, V., Carezzi, C. (2001): Measurement and time domain analysis of heart rate variability in dairy cattle. *Veterinary Record*, 149. 772–774.
298. Minton, J.E. (1994): Function of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis and the sympathetic nervous system in models of acute stress in domestic farm animals. *Journal of Animal Science*, 72. 1891–1898.



299. Mitchell, G., Hattingh, J., Ganhao, M. (1988): Stress in cattle assessed after handling, transport and slaughter. *Veterinary Record*, 123. 201–205.
300. Moberg, G. P. (1985) Biological response to stress: Key to assessment of animal well-being?, pp. 27–49. In: Moberg G.P. (ed.): *Animal stress*. American Physiological Society, Bethesda, Maryland, USA, pp. 324.
301. Moberg, G.P. (2000): Biological response to stress: implications for animal welfare, pp. 1–21. In: Moberg, G.P., Mench, J.A. (eds.): *The biology of animal stress*. CAB International Publishing, Wallingford, Oxon, UK, pp. 377.
302. Moberg, G.P., Mench, J.A. (2000): Preface. In: Moberg, G.P., Mench, J.A. (eds.): *The biology of animal stress*. CAB International Publishing, Oxon, UK, pp. 377.
303. Mohr, E., Langbein, J., Nürnberg, G. (2002a): Heart rate variability: A noninvasive approach to measure stress in calves and cows. *Physiology and Behavior*, 75. 251–259.
304. Mohr, E., Langbein, J., Nürnberg, G. (2002b): Messung und Analyse der Herzfrequenzvariabilität zur Erkennung klinischer und subklinischer Belastungszustände bei landwirtschaftlichen Nutztieren. *Tierschutz und Ethik*, 2. 143–155.
305. Momont, H. (1990): Rectal Palpation: safety Issues. *Bovine Practice*, 25. 122–123.
306. Mononen, J., Kohonen, T., Harri, M., Rekilä, T. (1992): Heart rate, skin temperature and locomotor activity of farmbred blue fox. *Journal of Animal Science*, 70. 171.
307. Moriya, K., Hochel, J., Pearson, J.T., Tazawa, H. (1999): Cardiac rhythms in developing chicks. *Comparative Biochemistry and Physiology A*, 124. 461–468.
308. Moriya, K., Pearson, J.T., Burggren, W.W., Ar, A., Tazawa, H. (2000): Continuous measurements of instantaneous heart rate and its fluctuations before and after hatching in chickens. *Journal of Experimental Biology*, 203. 895–903.
309. Morris, K.F., Nuding, S.C., Segers, L.S., Baekey, D.M., Shannon, R., Lindsey, B.G., Dick, T.E. (2010): Respiratory and Mayer wave-related discharge patterns of raphé and pontine neurons change with vagotomy. *Journal of Applied Physiology*, 109. 189–202.
310. Morrow, C.J., Kolver, E.S., Verkerk, G.A., Matthews, L.R. (2000): Urinary cortisol: An indicator of stress in dairy cattle. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 60. 218–221.
311. Morrow, C.J., Kolver, E.S., Verkerk, G.A., Matthews, L.R. (2002): Fecal glucocorticoid metabolites as a measure of adrenal activity in dairy cattle. *General and Comparative Endocrinology*, 126. 229–241.
312. Möstl, E., Maggs, J.L., Schrötter, G., Besenfelder, U., Palme, R. (2002): Measurement of cortisol metabolites in faeces of ruminants. *Veterinary Research Communications*, 26. 127–139.
313. Möstl, E., Messman, S., Bagu, E., Robia, C., Palme, R. (1999): Measurement of glucocorticoid metabolite concentrations in faeces of domestic livestock. *Journal of Veterinary Medicine*, 46. 621–631.

314. Möstl, E., Palme, R. (2002): Hormones as indicators of stress. *Domestic Animal Endocrinology*, 23. 67–74.
315. Muchenje, V., Dzama, K., Chimonyo, M., Strydom, P.E., Raats, J.G. (2009): Relationship between pre-slaughter stress responsiveness and beef quality in three cattle breeds. *Meat Science*, 81. 653–657.
316. Muller, R., Keyserlingk von, M.A.G. (2006): Consistency of flight speed and its correlation to productivity and to personality in *Bos taurus* beef cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, 99. 193–204.
317. Munck, A., Guyre, P.M., Holbrook, N.J. (1984): Physiological functions of glucocorticoids in stress and their relation to pharmacological actions. *Endocrine Reviews*, 5. 25–44.
318. Munksgaard, L., Passillè de, A.M., Rushen, J., Herskin, M.S., Kristensen, A.M. (2001): Dairy cows' fear of people: social learning, milk yield, and behaviour at milking. *Applied Animal Behaviour Science*, 73. 15–26.
319. Munksgaard, L., Passillè de, A.M., Rushen, J., Thodberg, K., Jensen, M.B. (1997): Discrimination of people by dairy cows based on handling. *Journal of Dairy Science*, 80. 1106–1112.
320. Murata, H. (1989): Suppression of lymphocyte blastogenesis by sera from calves transported by road. *British Veterinary Journal*, 145. 257–262.
321. Murphey, R.M., Duarte, F.A.M., Penedo, M.C.T. (1981): Responses of cattle to humans in open spaces: breed comparisons and approach avoidance relationships. *Behavior Genetics*, 11. 37–48.
322. Nagai, N., Matsumoto, T., Kita, H., Moritani, T. (2003): Autonomic nervous system activity and the state and development of obesity in Japanese school children. *Obesity Research*, 11. 25–32.
323. Nagai, N., Moritani, T. (2004): Effect of physical activity on autonomic nervous system function in lean and obese children. *International Journal of Obesity*, 28. 27–33.
324. Nagy, K., Bodó, G., Bárdos, Gy., Harnos, A., Kabai, P. (2009): The effect of a feeding stress-test on the behaviour and heart rate variability of crib-biting horses (with or without inhibition). *Applied Animal Behaviour Science*, 121. 140–147.
325. Nakagawa, S., Waas, J.R. (2001): Heart rate changes reveal that little blue penguin chicks (*Eudyptula minor*) can use vocal signatures to discriminate familiar from unfamiliar chicks. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 50. 180–188.
326. Nakao, T., Sato, T., Moriyoshi, M., Kawata, K. (1994): Plasma cortisol response in dairy cows to vaginoscopy, genital palpation per rectum and artificial insemination. *Journal of Veterinary Medicine*, 41. 16–21.
327. Ndou, S.P., Muchenje, V., Chimonyo, M. (2011): Assessment and implications of animal welfare in beef production systems in developing countries. *African Journal of Biotechnology*, 10. 1049–1064.

328. Negrao, J.A., Porcionato, M.A., Passillè de, A.M., Rushen, J. (2004): Cortisol in saliva and plasma of cattle after ACTH administration and milking. *Journal of Dairy Science*, 87. 1713–1718.
329. Ness, T.J., Gebhart G.F. (1990): Visceral pain: a review of experimental studies. *Pain*, 41. 167–234.
330. Neuffer, I. (2006): Influence of automatic milking systems on behaviour and health of dairy cows. PhD Thesis, University of Hohenheim, Hohenheim, Germany, pp. 78.
331. Neuffer, I., Hauser, R., Gygax, L., Kaufmann, C., Wechsler, B. (2004): Behaviour of dairy cows milked in two automatic milking systems. *Proceedings of the 38th International Congress of the ISAE*, Helsinki, Finland, p. 82.
332. Nilssen, K.J., Johnsen, H.K., Rognmo, A., Blix, A.S. (1984): Heart rate and energy expenditure in resting and running Svalbard and Norwegian reindeer. *American Journal of Physiology*, 246. 963–967.
333. Nilsson, A., Åhman, B., Norberg, H., Redbo, I., Eloranta, E., Olsson, K. (2006): Activity and heart rate in semi-domesticated reindeer during adaptation to emergency feeding. *Physiology and Behavior*, 88. 116–123.
334. Niskanen, J.P., Tarvainen, M.P., Ranta-aho, P.O., Karjalainen, P.A. (2004): Software for advanced HRV analysis. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 76. 73–81.
335. Norman, S.E., Eager, R.A., Waran, N.K., Jeffery, L., Schroter, R.C., Marlin, D.J. (2005): Recording of ECG signals on a portable MiniDisc recorder for time and frequency domain heart rate variability analysis. *Physiology and Behavior*, 83. 729–38.
336. O’Callaghan, K. (2002): Lameness and associated pain in cattle – challenging traditional perceptions. *Practice*, 24. 212–218.
337. O’Callaghan, K.A., Cripps, P.J., Downham, D.Y., Murray, R.D. (2003): Subjective and objective assessment of pain and discomfort due to lameness in dairy cattle. *Animal Welfare*, 12. 605–610.
338. Obrist, P.A. (1981): Cardiovascular psychophysiology: A perspective. Plenum Press, New York, USA, pp. 236.
339. Ohmura, H., Hiraga, A., Aida, H. (2006): Changes in heart rate and heart rate variability in Thoroughbreds during prolonged road transport. *American Journal of Veterinary Research*, 67. 455–462.
340. Oortmerssen van, G.A., Bakker, T.C.M. (1981): Artificial selection for short and long attack latencies in wild *Mus musculus domesticus*. *Behavior Genetetics*, 11. 115–126.
341. Orsilia, R., Virtanen, M., Luukkaala, T., Tarvainen, M., Karjalainen, P., Viik, J., Savinainen, M., Nygard, C-H. (2008): Perceived mental stress and reactions in heart rate variability – a pilot study among employees of an electronics company. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 14. 275–283.

342. Ózsvári L., Barna R., Visnyei L. (2007): Lábvégbetegségek okozta gazdasági veszteségek nagyüzemi holstein-fríz tehenészetekben. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 129. 23–28.
343. Pagani, M., Lombardi, F., Guzzetti, O., Rimoldi, O., Furlan, R., Pizzinelli, P., Sandrone, G., Malfatto, G., Dell’Orto, S., Piccaluga, E., Turiel, M., Baselli, G., Cerutti, S., Malliani, A. (1986): Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympathovagal interaction in man and conscious dog. *Circulation Research*, 59, 178–193.
344. Palme, R., Fischer, P., Schildorfer, H., Ismail, M.N. (1996): Excretion of infused <sup>14</sup>C-steroid hormones via faeces and urine in domestic livestock. *Animal Reproduction Science*, 43. 43–63.
345. Palme, R., Möstl, E. (1997): Measurement of cortisol metabolites in faeces of sheep as a parameter of cortisol concentration in blood. *International Journal of Mammal Biology*, 62. 192–197.
346. Palme, R., Wetscher, F., Winckler, C. (2003): Measuring faecal cortisol metabolites: A non-invasive tool to assess animal welfare in cattle? In: Kos, J. (ed.): *Proceedings of the 4th Central European Buiatric Congress in Lovran*, Lovran, Croatia, pp. 145–150.
347. Palmer, M.A., Law, R., O’Connell, N.E. (2012): Relationships between lameness and feeding behaviour in cubicle-housed Holstein-Friesian dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 140. 121–127.
348. Passillé de, A.M., Rushen, J., Ladewig, J., Petherick, J.C. (1996): Dairy calves’ discrimination of people based on previous handling. *Journal of Animal Science*, 74. 969–974.
349. Pearson, J.T., Tsudzuki, M., Nakane, Y., Akiyama, R., Tazawa, H. (1998): Development of heart rate in the precocial king quail (*Coturnix chinensis*). *Journal of Experimental Biology*, 201. 931–41.
350. Peng, C.K., Buldyrev, S.V., Havlin, S., Simons, M., Stanley, H.E., Goldberger, A.L. (1994): On the mosaic organization of DNA sequences. *Physical Review*, 49. E1685–E1689.
351. Pérez, G.C., García-Belenguer, L.S., Illera del Portal, J.C., Palacio, L.J. (2004): Validation of an EIA technique for the determination of salivarycortisol in cattle. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2. 45–51.
352. Perkins, J.D., Bowen, I.M., Else, R.W., Marr, C.M., Mayhew, I.G. (2000): Functional and histopathological evidence of cardiac parasympathetic dysautonomia in equine grass sickness. *Veterinary Record*, 146. 246–250.
353. Perkiomaki, J.S., Zareba, W., Badilini, F., Moss, A.J. (2002): Influence of atropine on fractal and complexity measures of heart rate variability. *Annals of noninvasive electrocardiology*, 7. 326–331.
354. Petyim, S., Bage, R., Madej, A., Larsson, B. (2007): Ovum pick-up in dairy heifers: does it affect animal well-being? *Reproduction of Domestic Animals*, 42. 623–632.

355. Phillips, C.J.C. (1993): Cattle behaviour. Farming Press, Ipswich, UK, pp. 58.
356. Phillips, C.J.C., Leaver, J.D. (1986): The effect of forage supplementation on the behaviour of grazing dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 16. 233–247.
357. Physick-Sheard, P.W., Marlin, D.J., Thornhill, R., Schroter, R.C. (2000): Frequency domain analysis of heart rate variability in horses at rest and during exercise. *Equine Veterinary Journal*, 32. 253–262.
358. Piller, C.A.K., Stookey, J.M., Watts, J.M. (1999): Effects of mirror-image exposure on heart rate and movement of isolated heifers. *Applied Animal Behaviour Science*, 63. 93–102.
359. 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.
360. Piskorski, J., Guzik, P. (2005): Filtering Poincaré plots. *Journal of Computational Methods in Science and Engineering*, 11. 39–46.
361. Pittig, A., Arch, J.J., Lam, C.W., Craske, M.G. (2013): Heart rate and heart rate variability in panic, social anxiety, obsessive-compulsive, and generalized anxiety disorders at baseline and in response to relaxation. *International Journal of Psychophysiology*, 87. 19–27
362. Pizzi, C., Manzoli, L., Mancini, S., Costa, G.M. (2008): Analysis of potential predictors of depression among coronary heart disease risk factors including heart rate variability, markers of inflammation, and endothelial function. *European Heart Journal*, 29. 1110–1117.
363. Pomeranz, M., Macaulay, R.J.B., Caudill, M.A. (1985): Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. *American Journal of Physiology*, 248. 151–153.
364. Pomfrett, C.J.D., Glover, D.G., Bollen, B.G., Pollard, B.J. (2004): Perturbation of heart rate variability in cattle fed BSE-infected material. *Veterinary Record*, 154. 687–691.
365. Porges, S.W. (1995): Cardiac vagal tone: a physiological index of stress. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 19. 225–233.
366. Porges, S.W. (2003): The polyvagal theory: phylogenetic contributions to social behavior. *Physiology and Behavior*, 79. 503–513.
367. Porges, S.W., McCabe, P.M., Yongue, B.G. (1982): Respiratory-heart rate interactions: Psychophysiological implications for pathophysiology and behavior, pp. 223–264. In: Cacioppo, L., Petty, R. (eds.): *Perspectives in cardiovascular psychophysiology*. Guilford Press, New York, USA, pp. 392.
368. Prescott, N.B., Mottram, T.T., Webster, A.J.F. (1998): Effect of food type and location on the attendance to an automatic milking system by dairy cows and the effect of feeding during milking on their behaviour and milking characteristics. *Canadian Journal of Animal Science*, 74. 465–474.
369. Price, E.O., Wallach, S.J.R. (1990): Physical isolation of hand-reared hereford bulls increases their aggressiveness toward humans. *Applied Animal Behaviour Science*, 27. 263–267.

370. Purcell, D., Arave, C.W., Walters, J.L. (1988): Relationship of three measures of behaviour to milk production. *Applied Animal Behaviour Science*, 21. 307–313.
371. Purwanto, B.P., Abo, Y., Sakamoto, R., Furumoto, F., Yamamoto, S. (1990): Diurnal patterns of heat production and heart rate under thermoneutral conditions in Holstein Friesian cows differing in milk production. *The Journal of Agricultural Science*, 114. 139–142.
372. Rafai P., Kovács F. (2007): A stresszelmélet visszatükröződése az állathigiéniai kutatásokban. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 129. 565–574.
373. Ramaekers, D., Ector, H., Demyttenaere, K., Rubens, A., Van de Wefer, F. (1998): Association between cardiac autonomic function and coping style in healthy subjects. *Pacing and Clinical Electrophysiology*, 21. 1546–1552.
374. Raussi, S. (2003): Human-cattle interactions in group housing. *Applied Animal Behaviour Science*, 80. 245–262.
375. Ravenswaaij-Arts van, C.M.A., Kollée, L.A.A., Hopman, J.C.W., Stoelinga, G.B.A., Vangeijn, H.P. (1993): Heart-rate-variability. *Annals of Internal Medicine*, 118. 436–447.
376. Raynaert, R., De Paepe, M., Peeters, G. (1976): Influence of stress, age and sex on serum growth hormone and free fatty acids in cattle. *Hormone and Metabolic Research*, 8. 109–114.
377. Reenen van, C.G., Van der Werf, J.T.N., Bruckmaier, R.M., Hopster, H., Engel, B., Noordhuizen, J.P., Blokhuis, H.J. (2002): Individual differences in behavioural and physiological responsiveness of primiparous dairy cows to machine milking. *Journal of Dairy Science*, 85. 2551–2561.
378. Richards, J.I., Lawrence, P.R. (1984): The estimation of energy expenditure from heart rate measurements in working oxen and buffalo. *Journal of Agricultural Science*, 102. 711–717.
379. Richman, S., Moorman, J.R. (2000): Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. *American Journal of Physiology – Heart and Circulatory Physiology*, 278. H2039–H2049.
380. Rietmann, T.R., Stauffacher, M., Bernasconi, P., Auer, J.A., Weishaupt, M.A. (2004a): The association between heart rate, heart rate variability, endocrine and behavioural pain measures in horses suffering from laminitis. *Journal of Veterinary Medicine*, 51. 218–225.
381. Rietmann, T.R., Stuart, A.E., Bernasconi, P., Stauffacher, M., Auer, J.A., Weishaupt, M.A. (2004b): Assessment of mental stress in warmblood horses: heart rate variability in comparison to heart rate and selected behavioural parameters. *Applied Animal Behaviour Science*, 88. 121–136.
382. Romano, J.E., Thompson, J.A., Kraemer, D.C., Westhusin, M.E., Forrest, D.W., Tomaszewski, M.A. (2007): Early pregnancy diagnosis by palpation per rectum: influence on embryo/fetal viability in dairy cattle. *Theriogenology*, 67. 486–493.
383. Rompelman, O. (1993): Rhythms and analysis techniques, pp. 101–120. In: Strackee, J., Westerhof, N. (eds.): *The Physics of Heart and Circulation*. Institute of Physics Publishing, Bristol, UK, pp. 502.

384. Rousing, T., Badsberg, J.H., Klaas, I., Hindhede, C., Sorensen, J. (2006): The association between fetching for milking and dairy cows' behaviour at milking, and avoidance of human approach – An on-farm study in herds with automatic milking systems. *Livestock Science*, 101. 219–227.
385. Rudas P., Frenyó V.L. (1995): *Az állatorvosi ételtan alapjai*. Springer Hungarica, Budapest, pp. 610.
386. Rugh, K.S., Jiang, B., Hatfield, D., Garner, H.E., Hahn, A.W. (1992): Cardiac cycle length variability in ponies at rest and during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 73. 1572–1577.
387. Rumball, C.W., Oliver, M.H., Thorstensen, E.B., Jaquiery, A.L., Husted, S.M., Harding, J.E., Bloomfield, F.H. (2008): Effects of twinning and periconceptional undernutrition on late-gestation hypothalamic-pituitary-adrenal axis function in ovine pregnancy. *Endocrinology*, 149. 1163–1172.
388. Rushen, J., Munksgaard, L., Marnet, P.G., Passillé de, A.M. (2001): Human contact and the effect of acute stress on cows at milking. *Applied Animal Behaviour Science*, 73. 1–14.
389. Rushen, J., Munksgaard, L., Passillé de, A.M., Jensen, M.B., Thodberg, K. (1998): Location of handling and dairy cows' responses to people. *Applied Animal Behaviour Science*, 55. 259–267.
390. Rushen, J., Passillé de, A.M., Keyserlingk von, M.A.G., Weary, D.M. (2008): *The Welfare of Cattle*. Springer Publishing, Dordrecht, The Netherlands, pp. 303.
391. Rushen, J., Passillé de, A.M., Munksgaard, L. (1999): Fear of people by cows and effects on milk yield, behavior, and heart rate at milking. *Journal of Dairy Science* 82, 720–727.
392. Saul, J.P., Albrecht, P., Berger, R.D., Cohen, R.J. (1988): Analysis of long term heart rate variability: methods, 1/f scaling and implications, pp. 419–422. In: *Computers in Cardiology*. IEEE Computer Society Press, Washington, USA, pp. 671.
393. Savory, C.J., Kostal, L. (1997): Application of a radiotelemetry system for chronic measurement of blood pressure, heart rate, EEG, and activity in the chicken. *Physiology and Behavior*, 61. 963–969.
394. Sayers, B.M. (1973): Analysis of heart rate variability. *Ergonomics*, 16. 17–32.
395. Schechtman, V.L., Kluge, K.A., Harper, R.M. (1988): Time-domain system for assessing variation in heart rate. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 26. 367–373.
396. Schmidt, A., Biau, S., Moestl, E., Becker-Birck, M., Morillon, B., Aurich, J., Faure, J.M., Aurich, C. (2010a): Changes in cortisol release and heart rate variability in sport horses during long-distance road transport. *Domestic Animal Endocrinology*, 38. 179–189.
397. Schmidt, A., Moestl, E., Wehnert, C., Aurich, J., Müller, J., Aurich, C. (2010b): Cortisol release and heart rate variability in horses during road transport. *Hormones and Behavior*, 57. 209–215.

398. Schmidt, G., Monfill, G.E. (1995): Nonlinear methods for heart rate variability assessment, pp. 87–98. In: Malik, M., Camm, A.J. (eds.): *Heart rate variability*. Futura Publishing, Armonk, New York, USA, pp. 211.
399. Schmied, C., Boivin, X., Waiblinger, S. (2008a): Stroking different body regions of dairy cows: Effects on avoidance and approach behavior toward humans. *Journal of Dairy Science*, 91. 596–605.
400. Schmied, C., Waiblinger, S., Scharl, T., Leisch, F., Boivin, X. (2008b): Stroking of different body regions by a human: Effects on behaviour and heart rate of dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*, 109. 25–38.
401. Seabrook, M.F. (1984): The psychological interaction between the stockman and his animals and its influence on performance of pigs and dairy cows. *Veterinary Record*, 115. 84–87.
402. Seely, A.J., Macklem, P.T. (2004): Complex systems and the technology of variability analysis. *Journal of Critical Care*, 8. R367–R384.
403. Selye, H. (1936): A syndrome produced by diverse nocuous agents. *Nature*, 138. 32.
404. Selye, H. (1946): The general adaptation syndrome and the diseases of adaptation. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 6. 117–230.
405. Selye, J. (1976): *Stressz distressz nélkül*. Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 150.
406. Sgoifo, A., de Boer, S.F., Westenbroek, C., Maes, F.W., Beldhuis, H., Suzuki, T., Koolhaas, J.M. (1997): Incidence of arrhythmias and heart rate variability in wild-type rats exposed to social stress. *American Journal of Physiology*, 273. H1754–H1760.
407. Sgoifo, A., Koolhaas, J.M., Musso, E., De Boer, S.F. (1999): Different sympathovagal modulation of heart rate during social and nonsocial stress episodes in wild-type rats. *Physiology and Behavior*, 67. 733–738.
408. Shono, H., Peng, C.K., Goldberger, A., Shono, M., Sugimori, H. (2000): A new method to determine a fractal dimension of non-stationary biological time-serial data. *Computers in Biology and Medicine*, 4. 237–245.
409. Singh, S.S., Ward, W.R., Lautenbach, K., Murray, R.D. (1993): Behavior of lame and normal dairy-cows in cubicles and in a straw yard. *Veterinary Record*, 133. 204–208.
410. Slangen, B.F., Out, I.C., Janssen, B.J., Peeters, L.L. (1997): Blood pressure and heart rate variability in early pregnancy in rats. *American Journal of Physiology*, 273. 1794–1799.
411. Solan, R.P., Shapiro, P.A., Bagiella, E., Myers, M.M., Bigger, J.T., Steinman, R.C. (1994): Brief interval heart period variability by different methods of analysis correlates highly with 24-h analyses in normals. *Biological Psychology*, 38. 133–142.
412. Sprecher, D.J., Hostetler, D.E., Kanneene, J.B. (1997): A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology*, 47. 1179–1187.



413. Stadnitsuki, T. (2012): Some critical aspects of fractality research. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, 16. 137–158.
414. Stafford, K.J., Mellor, D.J. (2005): Dehorning and disbudding distress and its alleviation in calves. *The Veterinary Journal*, 169. 337–349.
415. Stafford, K.J., Mellor, D.J. (2011): Addressing the pain associated with disbudding and dehorning in cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, 135. 226–231.
416. Stefanowska, J., Ipema, A.H., Hendriks, M.M.W.B. (1999): The behaviour of dairy cows in an automatic milking system where selection for milking takes place in the milking stalls. *Applied Animal Behaviour Science*, 62. 99–114.
417. Stefanowska, J., Plavsic, M., Ipema, A.H., Hendriks, M.M.W.B. (2000): The effect of omitted milking on the behaviour of cows in the context of cluster attachment failure during automatic milking. *Applied Animal Behaviour Science*, 67. 277–291.
418. Steimer, T., Driscoll, P. (2005): Inter-individual vs. line/strain differences in psychogenetically selected Roman High-(RHA) and Low-(RLA) Avoidance rats: neuroendocrine and behavioural aspects. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 29. 99–112.
419. Stein, P.K., Bosner, M.S., Kleiger, R.E., Conger, B.M. (1994): Heart rate variability: a measure of cardiac autonomic tone. *American Heart Journal*, 127. 1376–1381.
420. Stein, P.K., Domitrovich, P.P., Huikuri, H.V., Kleiger, R.E. (2005): Traditional and nonlinear heart rate variability are each independently associated with mortality after myocardial infarction. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, 16. 13–20.
421. Stein, P.K., Kleiger, R.E. (1999): Insights from the study of heart rate variability. *Annual Review of Medicine*, 50. 249–261.
422. Stewart, M., Shepherd, H.M., Webster, J.R., Waas, J.R., McLeay, L.M., Schütz, K.E. (2013): Effect of previous handling experiences on responses of dairy calves to routine husbandry procedures. *Animal*, 7. 828–833.
423. Stewart, M., Stafford, K.J., Dowling, S.K., Schaefer, A.L., Webster, J.R. (2008a): Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic. *Physiology and Behavior*, 93. 789–797.
424. Stewart, M., Verkerk, G.A., Stafford, K.J., Schaefer, A.L., Webster, J.R. (2010a): Noninvasive assessment of autonomic activity for evaluation of pain in calves, using surgical castration as a model. *Journal of Dairy Science*, 93. 3602–3609.
425. Stewart, M., Webster, J.R., Schaefer, A.L., Stafford, K.J. (2008b): Infrared thermography and heart rate variability for non-invasive assessment of animal welfare. *ANZCCAART News*, 21. 1–4.
426. Stewart, M., Webster, J.R., Stafford, K.J., Schaefer, A.L., Verkerk, G.A. (2010b): Technical note: Effects of an epinephrine infusion on eye temperature and heart rate variability in bull calves. *Journal of Dairy Science*, 93. 5252–5257.

427. Storck, N., Ericson, M., Linblad, L.E., Jensen-Urstad, M. (2001): Automated computerized analysis of heart rate variability with digital filtering of ectopic beats. *Clinical Physiology*, 21. 15–24.
428. Stubbsjøen, S.M., Flø, A.S. Moe, R.O. Janczak, A.M. Skjerve, E. Valle, P.S., Zanella, A.J. (2009): Exploring non-invasive methods to assess pain in sheep. *Physiology and Behavior*, 98. 640–648.
429. Sutherland, M.A., Rogers, A.R., Verkerk, G.A. (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.
430. Szenci, O., Karen, A., Bajcsy, Á.Cs., Gáspárdy, A., de Sousa, N.M., Beckers, J.F. (2011): Effect of restraint stress on plasma concentrations of cortisol, progesterone and pregnancy associated-glycoprotein in pregnant heifers during late embryonic development. *Theriogenology*, 76. 1380–1385.
431. Tadich, N., Flor, E., Green, L. (2009): Associations between hoof lesions and locomotion score in 1098 unsound dairy cows. *The Veterinary Journal*, 184. 60–65.
432. Takeda, K., Sato, S., Sugawara, K. (2000): The number of farm mates influences social and maintenance behaviors of Japanese Black cows in a communal pasture. *Applied Animal Behaviour Science*, 67. 181–192.
433. Tarvainen, M.P., Niskanen, J.P. (2008): Kubios HRV Version 2.0 User's Guide. Department of Physics, University of Kuopio, Kuopio, Finland.
434. Tarvainen, M.P., Ranta-aho, P.O., Karjalainen, P.A (2002): An advanced detrending method with application to HRV analysis. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 49. 172–175.
435. 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.
436. Taylor, A.A., Davis, H. (1998): Individual humans as discriminative stimuli for cattle (*Bos taurus*). *Applied Animal Behaviour Science*, 58. 13–21.
437. Tazawa, H., Moriya, K., Tamura, A., Akiyama, R. (2002): Low-frequency oscillation of instantaneous heart rate in newly hatched chicks. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 131. 797–803.
438. Terkelsen, A.J., Andersen, O.K., Mølgaard, H., Hansen, J., Jensen, T.S. (2004): Mental stress inhibits pain perception and heart rate variability but not a nociceptive withdrawal reflex. *Acta Physiologica Scandinavica*, 180. 405–414.
439. Terlouw, C.E.M., Schouten, W.G.P., Ladewig, J. (1997): Physiology, pp. 143–158. In: Appleby, M.C., Mench, J.A., Olsson, I.S., Hughes, B.O. (eds.): *Animal Welfare*. CAB International Publishing, Wallingford, Oxon, UK, pp. 328.

440. Thayer, J.F., Fredrik, A.H.S., Fredrikson, M., Sollers, J.J., Wager, T.D. (2012): A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: Implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 36. 747–756.
441. Thayer, J.F., Hahn, A.W., Pearson, M.A., Sollers, J.J., Johnson, P.J., Loch, W.E. (1997): Heart rate variability during exercise in the horse. *Biomedical Sciences Instrumentation*, 34. 246–251.
442. Theurer, M.E., Amrine, D.E., White, B.J. (2013): Remote noninvasive assessment of pain and health status in cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 29. 59–74.
443. Thomas, J.W., Moore, L.A. (1951): Variations in heart rate of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 34. 321–328.
444. Thun, R., Eggenberger, E., Zerobin, K. (1985): Twenty-four-hour secretory patterns of cortisol, progesterone and estradiol in heifers during the follicular and luteal phases of the ovarian cycle. *Animal Reproduction Science*, 9. 341–356.
445. Toichi, M., Sugiura, T., Murai, T., Sengoku, A. (1997): A new method of assessing cardiac autonomic function and its comparison with spectral analysis and coefficient of variation of R–R interval. *Journal of Autonomic Nervous System*, 62. 79–84.
446. Tóth L., Bak J. (2000): A minőségi tejtermelés technikája. Mezőgazda Szaktudás Kiadó. Budapest, 17–123.
447. Tóthné Maros K. (2009): A kötődési és kommunikációs viselkedés és a szívműködés közötti kapcsolat vizsgálata kutyákon. Doktori értekezés. ELTE Etológia Tanszék, Budapest, pp. 144.
448. Tóthné Maros K., Tóth P., Janan, J. (2010): A viselkedés hatása az állatok szívműködésére. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 132. 285–294.
449. Trulla, L.L., Giuliani, A., Zbilut, J.P., Webber, C.L. (1996): Recurrence quantification analysis of the logistic equation with transients. *Physics Letters*, 223. A255–A260.
450. Tucker, C.B., Weary, D.M. (2004a): Bedding on geotextile mattresses: How much is needed to improve cow comfort? *Journal of Dairy Science*, 87. 2889–2895.
451. Tucker, C.B., Weary, D.M., Fraser, D. (2003): Effect of three types of free-stall surfaces on preferences and stall usage by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 86. 521–529.
452. Tucker, C.B., Weary, D.M., Fraser, D. (2004b): Free-Stall Dimensions: Effects on Preference and Stall Usage. *Journal of Dairy Science*, 87. 1208–1216.
453. Uetake, K., Hurnik, J.F., Johnson, L. (1997): Behavioral pattern of dairy cows milked in a two-stall automatic milking system with a holding area. *Journal of Animal Science*, 75. 954–958.
454. USDA (US Department of Agriculture) (2008): Dairy 2007, Part II: Changes in the U.S. Dairy Cattle Industry, 1991–2007. Report No. N481.0308. USDA-Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS)-Veterinary Services (VS), Centers for Epidemiology and Animal Health (CEAH), Fort Collins, CO, USA.

455. USDA (US Department of Agriculture) (2011): Livestock Historical Track Records. USDA, National Agricultural Statistical Service, Washington, DC, USA.
456. 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.
457. Vanderlei, L.C., Pastre, C.M., Frietas Jr, I.F., Godoy, M.F. (2010): Geometric indexes of heart rate variability in obese and eutrophic children. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 95. 35–40.
458. Verkerk, G.A., Phipps, A.M., Carragher, J.F., Matthews, L.R., Stelwagen, K. (1998): Characterization of milk cortisol concentrations as a measure of short-term stress responses in lactating dairy cows. *Animal Welfare*, 7. 77–86.
459. Visser, E.K., Ellis, A.D., Reenen van, C.G. (2008): The effect of two different housing conditions on the welfare of young horses stabled for the first time. *Applied Animal Behaviour Science*, 114. 521–533.
460. Visser, E.K., Reenen van, C.G., Werf van der, J.T.N., Schilder, M.B.H., Knaap, J.H., Barneveld, A., Blokhuis, H.J. (2002): Heart rate and heart rate variability during a novel object test and a handling test in young horses. *Physiology and Behavior*, 76. 289–296.
461. Voss, A., Schulz, S., Schroeder, R., Baumert, M., Caminal, P. (2009): Methods derived from non-linear dynamics for analysing heart rate variability. *Philosophical Transactions, Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 367. A277–A296.
462. Voss, B., Mohr, E., Krzywanek, H. (2002): Effects of aqua-treadmill exercise on selected blood parameters and on heart-rate variability of horses. *Journal of Veterinary Medicine*, 49. 137–143.
463. Voss, L.J., Bolton, D.P.G., Galland, B.C., Taylor, B.J. (2004): Endotoxin effects on markers of autonomic nervous system function in the piglet: implications for SIDS. *Biology of Neonate*, 86. 39–47.
464. Wagner, C.D., Just, A., Nafz, B., Persson, P.B. (1997): Very low frequency oscillations in arterial blood pressure after autonomic blockade in conscious dogs. *American Journal of Physiology*, 41. 2034–2039.
465. Wagner-Storch, A.M., Palmer, R.W. (2003): Feeding behavior, milking behavior, and milk yields of cows milked in a parlor versus an automatic milking system. *Journal of Dairy Science*, 86. 1494–1502.
466. Waiblinger, S., Boivin, X., Pedersen, V., Tosi, M., Janczak, A.M., Visser, E.K., Jones, R.B. (2006): Assessing the human-animal relationship in farmed species: a critical review. *Applied Animal Behaviour Science*, 101. 185–242.
467. Waiblinger, S., Menke, C., Folsch, D.W. (2003): Influences on the avoidance and approach behaviour of dairy cows towards humans on 35 farms. *Applied Animal Behaviour Science*, 84. 23–39.

468. Waiblinger, S., Menke, C., Korf, J., Bucher, A. (2004): Previous handling and gentle interactions affect behaviour and heart rate of dairy cows during a veterinary procedure. *Applied Animal Behaviour Science*, 85. 31–42.
469. Walker, S.L., Smith, R.F., Routly, J.E., Jones, D.N., Morris, M.J., Dobson, H. (2008): Lameness, activity time-budgets, and estrus expression in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 91. 4552–4559.
470. Warnick, L.D., Janssen, D., Guard, C.L., Grohn, Y.T. (2001): The effect of lameness on milk production in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 84. 1988–1997.
471. Warren, S., Martinez, A., Sobering, T., Andresen, D. (2008): Electrocardiographic pill for cattle heart rate determination. *Proceedings of 30th Annual International IEEE EMBS Conference*, Vancouver, Canada, pp. 4852–4855.
472. Wascher, C.A.F., Arnold, W., Kotrschal, K. (2008): Heart rate modulation by social contexts in greylag geese (*Anser anser*). *Journal of Comparative Psychology*, 122. 100–107.
473. Wasser, S.K., Hunt, K.E., Brown, J.L., Cooper, K., Crockett, C.M., Bechert, U., Millspaugh, J.J., Larson, S., Monfort, S.L. (2000): A generalized fecal glucocorticoid assay for use in a diverse array of nondomestic mammalian and avian species. *General and Comparative Endocrinology*, 120. 260–275.
474. Watkins, L.L., Blumenthal, J.A., Babyak, M.A., Davidson, J.R.T., McCants, C.B., O'Connor, C., Sketch Jr, M.H. (2010): Phobic anxiety and increased risk of mortality in coronary heart disease. *Psychosomatic Medicine*, 72. 664–671.
475. Weary, D.M., Niel, L., Flower, F.C., Fraser, D. (2006): Identifying and preventing pain in animals. *Applied Animal Behaviour Science*, 100. 64–76.
476. Webber, C.L., Zbilut, J.P. (1994): Dynamical assessment of physiological systems and states using recurrence plot strategies. *Journal of Applied Physiology*, 76. 965–973.
477. Weisbard, C., Graham, F.K. (1971): Heart-rate change as a component of the orienting response in monkeys. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 76. 74–83.
478. Weiss, D., Helmreich, S., Moestl, E., Dzidic, A., Bruckmaier, R.M. (2004): Coping capacity of dairy cows during the change from conventional to automatic milking. *Journal of Animal Science*, 82. 563–570.
479. Weiss, D., Moestl, E., Bruckmaier, R.M. (2005): Physiological and behavioural effects of changeover from conventional to automatic milking in dairy cows with and without previous experience. *Veterinary Medicine*, 50. 253–261.
480. Welfare Quality® (2009): Assessment Protocol for Cattle. Welfare Quality® Consortium, Lelystad, The Netherlands, pp. 182.
481. Wenzel, C., Schonreiter-Fischer, S., Unshelm, J. (2003): Studies on step–kick behavior and stress of cows during milking in an automatic milking system. *Livestock Production Science*, 83. 237–246.

482. Weston, E.I. (2009): Evaluation of cortisol in saliva relative to serum in lactating cows, heifer calves and piglets in response to applied stress. Thesis MSc, North Carolina State University, Raleigh, USA, pp. 40.
483. Whay, H.R., Main, D.C.J., Green, L.E., Webster, A.J.F. (2003): Assessment of the welfare of dairy cattle using animal-based measurements: Direct observations and investigation of farm records. *Veterinary Record*, 153. 197–202.
484. Wiepkema, P.R., Koolhaas, J.M. (1993): Stress and animal welfare. *Animal Welfare*, 2. 195–218.
485. Wierenga, H.K. (1990): Social dominance in dairy cattle and the influences of housing and management. *Applied Animal Behaviour Science*, 27. 201–229.
486. Wiktorsson, H., Sorensen, J.T. (2004): Implications of automatic milking on animal welfare, pp. 371–381. In: Meijering, A., Hogeveen, H., De Koning, C.J.A.M. (eds.): *Automatic Milking – A Better Understanding*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, pp. 525.
487. Wilson, G.F.A. (2001): Comparison of three cardiac ambulatory recorders using flight data. *International Journal of Aviation Psychology*, 12. 111–119.
488. Winkler, A.S., Blair, D., Marsden, J.T., Peters, T.J., Wessely, S., Cleare, A.J. (2004): Autonomic function and serum erythropoietin levels in chronic fatigue syndrome. *Journal of Psychosomatic Research*, 56. 179–183.
489. Wolf, M.M., Varigos, G.A., Hunt, D., Sloman, J.G. (1978): Sinus arrhythmia in acute myocardial infarction. *Medical Journal of Australia*, 2. 52–53.
490. Wolf, S. (1970): Emotion and autonomic nervous system. *Archives of Internal Medicine*, 126. 1024–1030.
491. World Organization for Animal Health (2008): Introduction to the recommendations for animal welfare, pp. 235–236. In: *OIE – Terrestrial Animal Health Code*. Paris, France, pp. 349.
492. Yamamoto, S. (1989): Estimation of heat production from heart rate measurement of free living farm animals. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 23. 134–143.
493. Yamamoto, Y., Hughson, R.L. (1991a): Coarse-graining spectral analysis: new method for studying heart rate variability. *Journal of Applied Physiology*, 71. 1143–1450.
494. Yamamoto, Y., Hughson, R.L., Peterson, J.C. (1991b): Autonomic control of heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis. *Journal of Applied Physiology*, 71. 1136–1142.
495. Yeates, J.W., Main, D.C.J. (2008): Assessment of positive welfare: A review. *The Veterinary Journal*, 175. 293–300.

496. Yi, Gang, Malik, M. (2003): Heart rate variability Analysis in general medicine. *Indian Pacing and Electrophysiology Journal*, 3. 34–40.
497. Young, J.W. (1977): Gluconeogenesis in cattle: Significance and methodology. *Journal of Dairy Science*, 60. 1–15.
498. Youngquist, R.S. (1997): Pregnancy diagnosis, pp. 295–303. In: Youngquist, R.S. (ed.): *Current Therapy in Large Animal Theriogenology*. WB Saunders Company, St. Louis, USA, pp. 898.
499. Zbilut, J.P., Thomasson, N., Webber, C.L. (2002): Recurrence quantification analysis as a tool for non-linear exploration of nonstationary cardiac signals. *Medical Engineering and Physics*, 24. 53–60.
500. Zbilut, J.P., Webber, C.L. (1992): Embeddings and delays as derived from quantification of recurrence plots. *Physics Letters*, 171. 199–203.





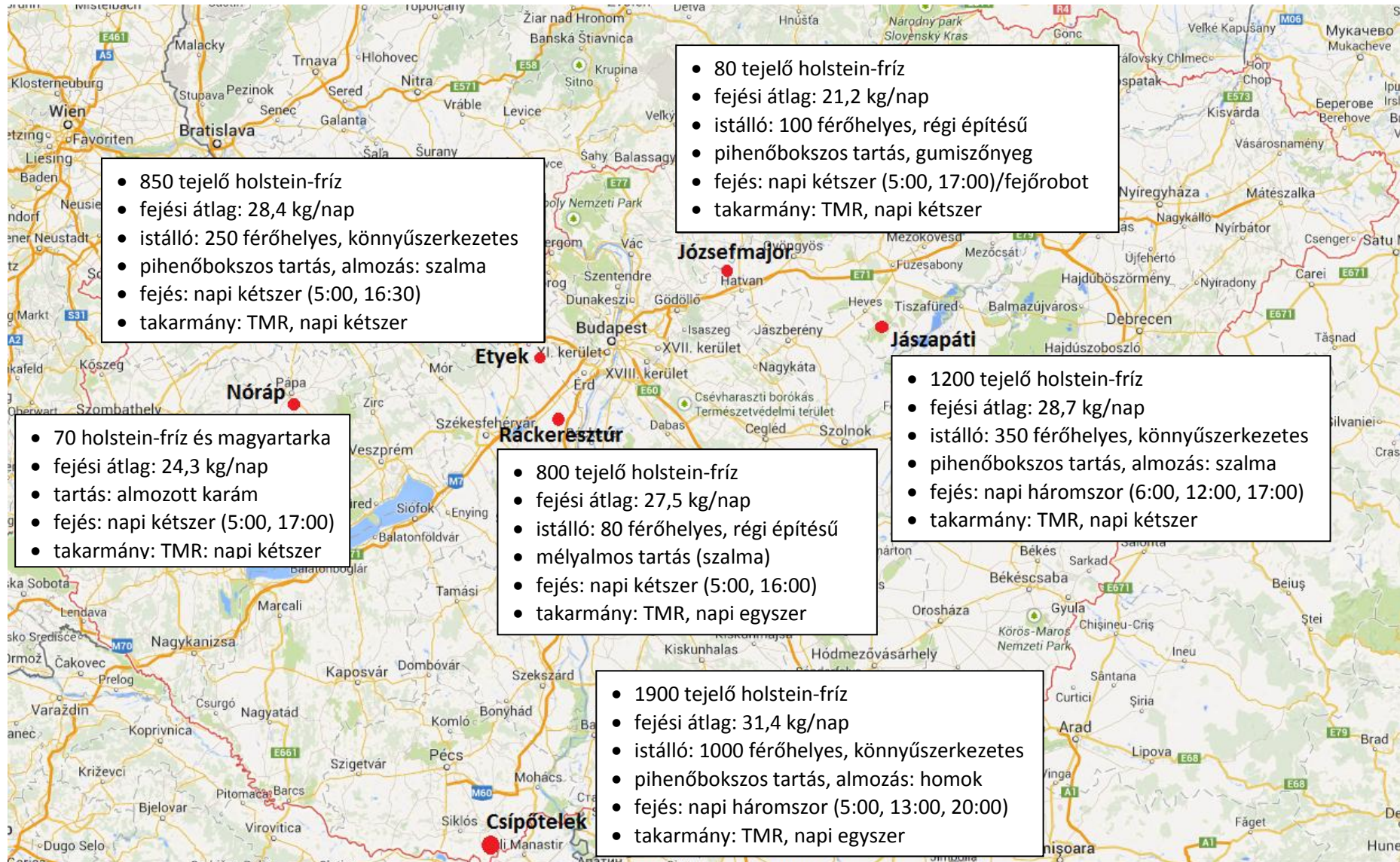
## MELLÉKLETEK

## 1. sz. melléklet: Néhány tejelő szarvasmarhákön végzett szívritmusvizsgálat összefoglalása

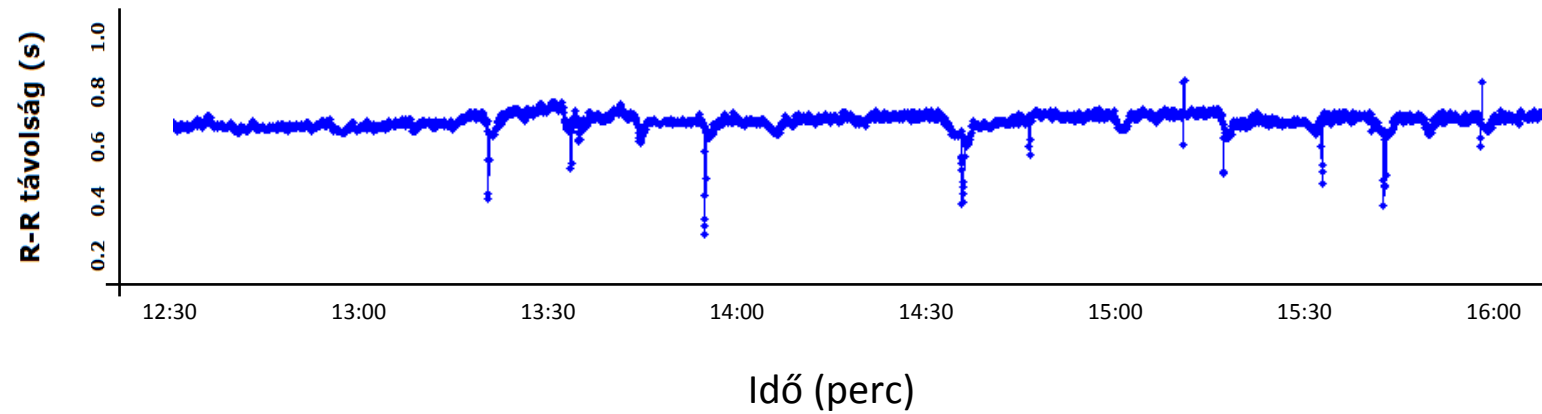
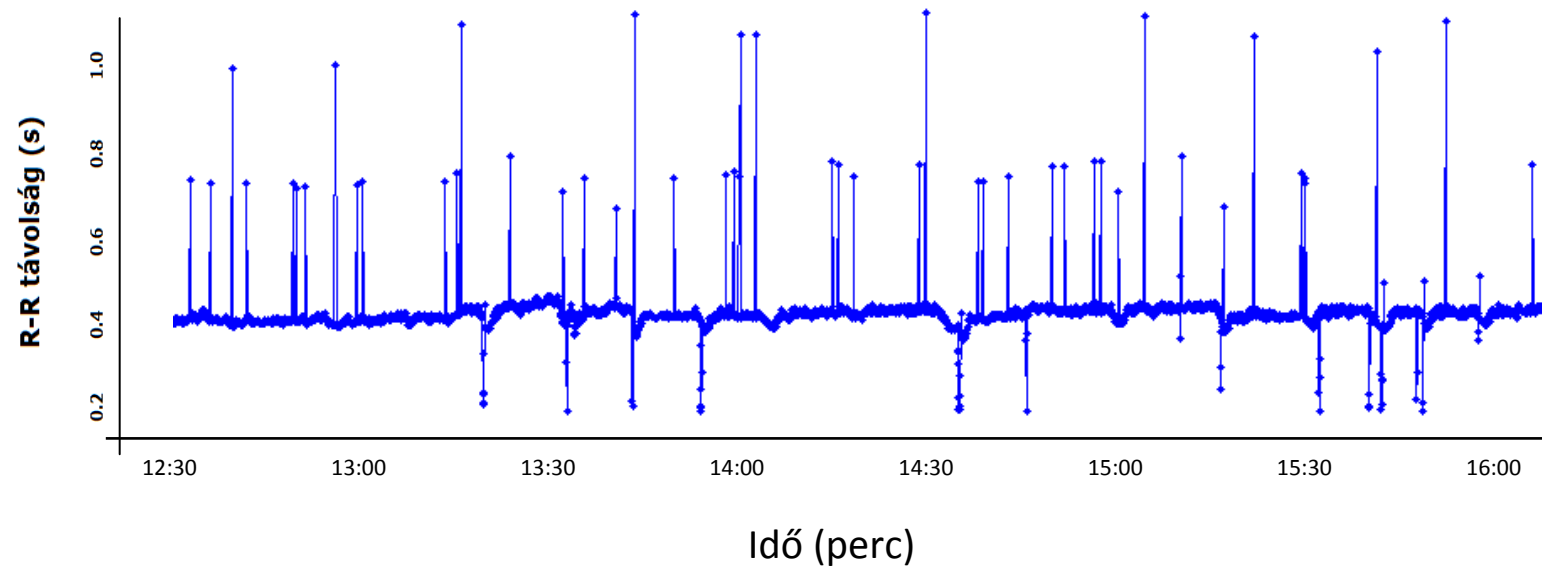
Szerzők	A vizsgálat tárgya	Vizsgálati állatok	A vizsgálat helyszíne	Alkalmazott műszerek	Vizsgált paraméterek		Kiegészítő vizsgálatok
					Időtartományban	Frekvenciatartományban	
<i>Després és mtsai (2002)</i>	Vegetatív idegrendszeri egyensúly meghatározása vegetatív blokáddal	Holstein-fríz bikaborjak (n=8)	Kísérleti telep	EKG-készülék	HR (min <sup>-1</sup> ) SDNN (ms) RMSSD (ms)	Total Power (ms <sup>2</sup> ) LF (ms <sup>2</sup> ): 0,00-0,15 Hz HF (ms <sup>2</sup> ): 0,15-1,00 Hz LF/HF arány	
<i>Janžekovič és mtsai (2006)</i>	Polar HR-mérő műszer adaptálása fejés közbeni szív működés vizsgálatára	Többször ellett holstein-fríz tehének (n=27)	Termelő farmok (n=3)	Polar Sport Tester	HR (min <sup>-1</sup> )		
<i>Stewart és mtsai (2010a)</i>	Borjak stressztűrő-képességének vizsgálata ivartalanítás alatt	Holstein-fríz bikaborjak (n=30)	Termelő farm, csoportos, külterjes tartás	Polar S810i	HR (min <sup>-1</sup> ) RMSSD (ms)	LF (n.u.): 0,04-0,30 Hz HF (n.u.): 0,30-0,80 Hz LF/HF arány	Infravörös hőérzékelés Vér kortizol vizsgálat Adrenalin és noradrenalin vizsgálat
<i>Stewart és mtsai (2008a)</i>	Helyi érzéstelenítéssel és érzéstelenítés nélkül végzett szarvtalanítás hatásai	Holstein-fríz bikaborjak (n=30)	Termelő farm, csoportos, istállózott tartás	Polar S810i	HR (min <sup>-1</sup> ) rMSSD (ms)	LF (n.u.): 0,04-0,30 Hz HF (n.u.): 0,30-0,80 Hz LF/HF arány	Infravörös hőérzékelés Vér kortizol vizsgálat Viselkedési megfigyelések
<i>Mohr és mtsai (2002a)</i>	Környezeti (rovarzavarás és magas hőmérséklet) és belső eredetű (BVD) stressz mérése	Borjak (n=52) tehének (n=31)	Intenzív termelő farm, ketreces borjútartás	Polar Vantage NV (borjak) Par Port/M (tehének)	HR (min <sup>-1</sup> ) RMSSD (ms) SDNN (ms) SDANN (ms)	LF (n.u.): 0,04-0,30 Hz HF (n.u.): 0,30-0,80 Hz LF/HF arány	Viselkedési megfigyelések
<i>Stewart és mtsai (2013)</i>	A bánásmód hatása a stressztűrő-képességre rutinszerű kezelések alkalmazásával	Holstein-fríz üszők (n=40)	Kísérleti telep	Polar S810i	HR (min <sup>-1</sup> ) RMSSD (ms)		Légzésszám Vér kortizol vizsgálat Viselkedési megfigyelések

<i>Konold és mtsai (2011)</i>	BSE-fertőzött és egészséges tehenek szív működésének vizsgálata	Fajtatiszta és keresztezett holstein-fríz tehenek (n=428)	Kísérleti telepek	24-órás Holter monitor	HR (min <sup>-1</sup> )	LF (n.u.;ms <sup>2</sup> ): 0,04-0,16 Hz HF (n.u.;ms <sup>2</sup> ): 0,16-0,70 Hz LF/HF arány	Viselkedési megfigyelések Post-mortem teszt
<i>Hopster és mtsai (1995)</i>	Az anya-borjú szeperáció hatásainak vizsgálata	Többször ellett holstein-fríz tehenek (n=8)	Termelő farm (kísérleti körülmények)	Polar Sport Tester	HR (min <sup>-1</sup> )		Viselkedési megfigyelések Vér kortizol vizsgálat
<i>Clapham és mtsai (2007)</i>	Választási stressz kifejezése borjakban	Holstein-fríz tinóborjak (n=22)	Kísérleti telep	Polar S710i	HR (min <sup>-1</sup> ) RMSSD (ms)		Viselkedési megfigyelések
<i>Hagen és mtsai (2005)</i>	Tehenek HR és HRV vizsgálata hagyományos és robotfejés alatt	Oszták szimentáli (n=12) és brown swiss tehenek (n=12)	Kísérleti telep	Polar S810i	HR (min <sup>-1</sup> ) RMSSD (ms) SDNN (ms)	LF (n.u.): 0,04-0,25 Hz HF (n.u.): 0,30-0,80 Hz (borjak) HF (n.u.): 0,25-0,58 Hz (tehenek); LF/HF arány	Viselkedési megfigyelések
<i>Gygax és mtsai (2008)</i>	Nyugtalan viselkedés és szív működés vizsgálata tandem fejőházban és robotfejés során	Holstein-fríz és brown swiss tehenek (n=120)	Intenzív termelő farmok (n=12)	Rádió vevőkészülék és oszcillátor	HR (min <sup>-1</sup> ) RMSSD (ms)		Viselkedési megfigyelések Szomatikus-sejtszám vizsgálat
<i>Hopster és mtsai (1998)</i>	Fejóállás-preferencia és stressz szint vizsgálata	Fajtatiszta és keresztezett holstein-fríz tehenek (n=89)	Félextenzív termelő farm	Polar Sport Tester	HR (min <sup>-1</sup> )		Viselkedési megfigyelések
<i>Rushen és mtsai (1999)</i>	A félelem hatása a viselkedésre és a visszatartott tej mennyiségre	Holstein-fríz tehenek egyszer ellett (n=5) többször ellett (n=9)	Kísérleti telep	Polar Sport Tester	HR (min <sup>-1</sup> )		Félelem teszt Viselkedési megfigyelések
<i>Rushen és mtsai (2001)</i>	Pozitív bánásmód stresszcsökkentő hatásainak vizsgálata fejés közben	Többször ellett holstein-fríz tehenek (n=18)	Kísérleti telep	Polar Sport Tester	HR (min <sup>-1</sup> )		Viselkedési megfigyelések Tej kortizol vizsgálat
<i>Waiblinger és mtsai (2004)</i>	Simogatás hatása a rektális vizsgálat és mesterséges termékenyítés okozta stressz mértékére	Oszták szimentáli (n=10) és brown swiss tehenek (n=10)	Állatorvosi tanüzem és kísérleti telep	Polar Sport Tester	HR (min <sup>-1</sup> )		Viselkedési megfigyelések
<i>Schmied és mtsai (2008b)</i>	A bánásmód és az elkerülési viselkedés közötti összefüggések	Oszták szimentáli (n=30) és brown swiss tehenek (n=30)	Kísérleti telep	Polar S810i	HR (min <sup>-1</sup> )		Viselkedési megfigyelések

## 2. sz. melléklet: Az 1. vizsgálatba vont tehenészetek földrajzi fekvése és fontosabb jellemzői



3. sz. melléklet: Az R-R-távolságokból készített tachogram 'nyers' (a) és custom szűrővel javított változata (b)



**4. sz melléklet:** az álló testhelyzetben meghatározott szív működési mutatók közötti összefüggések

Szív működési mutató	HR	RMSSD	RRtri	TINN	LF	HF	LF/HF	SD1	SD2	SD2/SD1	L <sub>MAX</sub>	%REC	%DET	Shannon entropy	DFA1	DFA2
RMSSD	-0,26															
RRtri	-0,10	<b>0,54</b>														
TINN	-0,02	<b>0,74</b>	<b>0,72</b>													
LF	0,23	<b>-0,85</b>	-0,45	<b>-0,71</b>												
HF	-0,24	<b>0,83</b>	0,45	<b>0,71</b>	<b>-0,99</b>											
LF/HF	0,14	<b>-0,86</b>	-0,44	<b>-0,70</b>	<b>0,99</b>	<b>-1,00</b>										
SD1	-0,36	<b>1,00</b>	<b>0,54</b>	<b>0,74</b>	<b>-0,85</b>	<b>0,83</b>	<b>-0,86</b>									
SD2	-0,17	<b>0,67</b>	<b>0,77</b>	<b>0,92</b>	0,02	-0,01	0,01	<b>0,67</b>								
SD2/SD1	0,36	<b>-0,59</b>	0,03	-0,05	0,43	-0,43	0,43	<b>-0,59</b>	0,11							
L <sub>MAX</sub>	<b>0,55</b>	<b>-0,69</b>	-0,24	-0,37	0,30	-0,31	0,30	<b>-0,69</b>	-0,30	<b>0,59</b>						
%REC	0,10	0,11	-0,12	0,34	-0,10	0,11	-0,11	0,11	0,34	0,29	0,03					
%DET	0,27	-0,10	0,04	0,37	0,15	-0,14	0,14	-0,10	0,40	<b>0,63</b>	0,21	<b>0,73</b>				
Shannon entropy	0,27	-0,02	-0,02	0,34	-0,06	0,06	-0,06	-0,02	0,38	0,47	0,21	<b>0,85</b>	<b>0,81</b>			
DFA1	0,11	<b>-0,56</b>	-0,08	-0,18	<b>0,53</b>	<b>-0,53</b>	<b>0,53</b>	<b>-0,56</b>	-0,07	<b>0,75</b>	0,48	0,05	0,32	0,11		
DFA2	0,35	-0,32	0,01	0,03	0,06	-0,07	0,07	-0,38	0,13	<b>0,60</b>	0,40	0,31	<b>0,53</b>	<b>0,51</b>	0,30	
Sample entropy	-0,23	-0,11	-0,26	<b>-0,58</b>	-0,18	0,18	-0,18	-0,11	<b>-0,62</b>	<b>-0,53</b>	-0,05	<b>-0,57</b>	<b>-0,81</b>	<b>-0,70</b>	-0,25	-0,48

A táblázatban a HR és a HRV-paraméterek logaritmizált értékei közötti korreláció van feltüntetve. Az értékek közötti kapcsolat erősségét állás és fekvés közben Spearman-féle rangkorrelációval határoztam meg. A kiemelt rangkorrelációs együtthatók mindegyike  $P < 0,01$  szinten szignifikáns.

**5. sz. melléklet:** a fekvő testhelyzetben meghatározott szív működési mutatók közötti összefüggések

Szív működési mutató	HR	RMSSD	RRtri	TINN	LF	HF	LF/HF	SD1	SD2	SD2/SD1	L <sub>MAX</sub>	%REC	%DET	Shannon entropy	DFA1	DFA2
RMSSD	-0,36															
RRtri	-0,13	<b>0,62</b>														
TINN	0,16	<b>0,72</b>	<b>0,61</b>													
LF	0,38	<b>-0,87</b>	<b>-0,51</b>	<b>-0,74</b>												
HF	-0,39	<b>0,85</b>	<b>0,51</b>	<b>0,74</b>	<b>-0,98</b>											
LF/HF	0,36	<b>-0,87</b>	<b>-0,50</b>	<b>-0,73</b>	<b>0,99</b>	<b>-0,98</b>										
SD1	-0,29	<b>1,00</b>	<b>0,62</b>	<b>0,78</b>	<b>-0,87</b>	<b>0,85</b>	<b>-0,87</b>									
SD2	-0,02	<b>0,67</b>	<b>0,79</b>	<b>0,83</b>	0,08	-0,08	0,08	<b>0,67</b>								
SD2/SD1	0,36	<b>-0,50</b>	0,09	0,03	<b>0,54</b>	<b>-0,53</b>	<b>0,54</b>	<b>-0,50</b>	0,25							
L <sub>MAX</sub>	0,43	<b>-0,56</b>	-0,17	-0,13	0,42	-0,42	0,43	<b>-0,55</b>	-0,06	<b>0,69</b>						
%REC	0,22	0,05	-0,11	0,43	0,02	-0,03	0,02	0,05	0,34	0,37	0,36					
%DET	<b>0,40</b>	-0,04	0,04	0,48	0,12	-0,20	0,20	-0,04	0,43	<b>0,59</b>	0,45	<b>0,81</b>				
Shannon entropy	<b>0,33</b>	-0,12	-0,10	0,33	0,01	-0,01	0,10	-0,12	0,30	<b>0,55</b>	<b>0,50</b>	<b>0,89</b>	<b>0,84</b>			
DFA1	<b>0,27</b>	-0,45	0,06	-0,03	<b>0,61</b>	<b>-0,60</b>	<b>0,61</b>	-0,45	0,15	<b>0,78</b>	<b>0,54</b>	0,20	0,38	0,26		
DFA2	<b>0,31</b>	-0,37	-0,06	-0,09	0,01	-0,10	0,10	-0,37	0,03	<b>0,55</b>	0,49	0,25	0,42	0,44	0,29	
Sample entropy	-0,42	-0,12	-0,18	<b>-0,61</b>	-0,15	0,15	-0,15	-0,12	<b>-0,54</b>	<b>-0,51</b>	-0,27	<b>-0,65</b>	<b>-0,88</b>	<b>-0,70</b>	-0,31	-0,32

A táblázatban a HR és a HRV-paraméterek logaritmizált értékei közötti korreláció van feltüntetve. Az értékek közötti kapcsolat erősségét állás és fekvés közben Spearman-féle rangkorrelációval határoztam meg. A kiemelt rangkorrelációk együtthatók mindegyike  $P < 0,01$  szinten szignifikáns.

**6. sz. melléklet:** A 2. vizsgálatba vont fejési rendszerek fontosabb technológiai jellemzői

Tehenészet	Fejések száma és ideje	Felhajtás időtartama	Fejőház típusa	Fejőberendezés típusa	Elővárározóban töltött idő	Fejőállásban töltött idő
Etyek, Ödön major	napi kétszer (5:00, 16:30)	5–7 perc	2×2×12 állásos halszálkás	BouMatic Xpressway fejőberendezés, gyors kiengedővel és kehelyleemelő automatával	20–21 perc	11–13 perc
Hatvan, József major, fejőház	napi kétszer (5:00, 17:00)	2–3 perc	2×5 állásos halszálkás	DeLaval Endurance fejőberendezés kehelyleemelő automatával	24–25	19 perc
Hatvan, József major, fejőrobot	az állatok igénye szerint	nincs fel- hajtás	1-állásos fejőegység	DeLaval VMS, önkéntes belépésen alapuló automatikus fejőrendszer, csa- logató abrakkal	50 perc	8 perc
Jászapáti	napi háromszor (6:00, 12:00, 17:00)	6–8 perc	2×2×12 állásos párhuzamos	BouMatic Xpressway fejőberendezés, gyors kiengedővel és kehelyleemelő automatával	22–23 perc	11–12 perc
Nóráp	napi kétszer (5:00, 17:00)	3–5 perc	2×4 állásos halszálkás	DeLaval fejőberendezés, az állatok kiengedése mechanikus	10–11 perc	11 perc
Csípőtelek	napi háromszor (5:00, 13:00, 20:00)	9–12 perc	72 állásos karusszel	BouMatic Excaliber 360 radiális fejőkarusszel	21–22 perc	9–10 perc





## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetemet fejezem ki a témavezetőmnek, **Dr. Tózsér János** egyetemi tanárnak a diszsertációhoz kapcsolódóan megfogalmazott számos építő kritikai észrevételért és javaslatért, amelyek nagyban hozzájárultak a dolgozat végső formájának létrejöttéhez. Külön köszönet Tanár Úrnak az adatok statisztikai értékelése során nyújtott áldozatos segítségéért.

Köszönettel tartozom társtémavezetőmnek, **Dr. Jurkovich Vikornak** (SZIE Állatorvos-tudományi Kar, Állathigiéniai, Állomány-egészségtani és Állatorvosi Etológiai Tanszék) a kísérletek tervezése és megvalósítása során nyújtott segítségéért, valamint a dolgozat megírása során nyújtott messzemenő támogatásáért.

Köszönettel tartozom **Dr. Mézes Miklós** (Állattudományi Alapok Intézet) és **Dr. Szenci Ottó** (SZIE Állatorvos-tudományi Kar, Haszonállat-gyógyászati Tanszék és Klinika) professzor uraknak vizsgálataimhoz nyújtott hasznos tanácsaikért.

Dr. Szenci Ottó professzor úrnak külön köszönöm, hogy az **MTA–SZIE Nagyállatklinikai Kutatócsoport** tagjaként lehetőségem volt a ráckeresztúri (Lászlópuszta) vizsgálat lebonyolítására.

Köszönöm **dr. Aubin-Wodala Mária** és **dr. Albert Ervin** barátaimnak és munkatársaimnak, hogy az 1. és a 3. vizsgálat során segítségemre voltak az adatgyűjtésben.

Köszönöm **Kézér Fruzsina Luca** barátomnak és munkatársamnak, hogy vizsgálataim során mindig számíthattam önzetlen segítségére.

Köszönöm **Dr. Huszeniczáné Dr. Kulcsár Margitnak** (SZIE Állatorvos-tudományi Kar, Szülészeti és Szaporodásbiológiai Tanszék és klinika, Endokrinológiai Laboratórium) a vér- és bél-sárminták előkészítése és a minták kortizol vizsgálata során nyújtott segítségét.

Köszönöm **Dr. Póti Péter** intézetigazgató úrnak, hogy a PhD időszak lezárása után továbbra is lehetőséget és háttérrel biztosított vizsgálataim zavartalan folytatására.

Köszönöm **Kosztolányiné Szentléleki Andrea** egyetemi tanársegéd asszonynak és **Dr. Pajor Ferenc** egyetemi docens úrnak, hogy az első vizsgálatomnál (2011. Jászapáti) személyesen voltak segítségemre.

Köszönöm **Gombos Rebeka, Györki Andrea, Nagy Katalin, Simon Áron Gergely, Kovács Zoltán** és **Landauer Dániel** (SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar), illetve **Sramkó Ágota, Karoline Bua** és **Sandra Ledang** (SZIE, Állatorvos-tudományi Kar), diplomaterves hallgatóimnak a viselkedési tesztek felvételében és a szívritmus-adatok rögzítésében nyújtott fontos segítséget.

Köszönöm **Dr. Bakony Mikoltnak**, angol nyelvű cikkeim alapos nyelvtani és stilisztikai átvizsgálását és a tanulmányok végső megfogalmazásában nyújtott segítségét.

Köszönöm **Dr. Nagy Krisztinának**, hogy kísérleteim kezdeti szakaszában a szívritmus-mérő órák és a HRV elemző program használatához sok hasznos tanáccsal látott el.

Hálásan köszönöm menyasszonyomnak, **Tell Juditnak**, húgomnak, **Kovács Emesének** és **Szüleimnek**, hogy személyes támogatásukkal segítették doktori kutatásaim sikeres megvalósítását.