



Szent István Egyetem

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

Doktori (PhD) értekezés tézisei

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
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,
Állattudományi Alapok Intézet,
Takarmányozástani Tanszék

témavezető: Prof. Dr. **Tózsér János**
egyetemi tanár, az MTA doktora
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,
Állattenyésztés-tudományi Intézet

társtémavezető: Dr. **Jurkovich Viktor**
tudományos munkatárs
SZIE, Állatorvos-tudományi Kar,
Állathigiéniai, Állomány-egészségtani és Állatorvosi
Etológiai Tanszék

A témavezető jóváhagyása

A társtémavezető jóváhagyása

Az iskolavezető jóváhagyása

Tartalom

Tartalom	3
Rövidítések jegyzéke	4
1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI.....	5
1.1. A stressz vegetatív idegrendszeri megközelítése	5
1.2. A szívritmus-változékonyság vizsgálata szarvasmarhákön.....	5
2. SAJÁT VIZSGÁLATOK	7
2.1. Tejelő tehének szív működésének alapvizsgálatai (1. vizsgálat)	7
2.1.1. Anyag és módszer.....	7
2.1.2. Az 1. vizsgálat eredményei	8
2.1.3. Az 1. vizsgálatból levonható következtetések	9
2.2. Akut stressz vizsgálata a fejés körüli időszakban (2. vizsgálat).....	9
2.2.1. Anyag és módszer.....	9
2.2.2. A 2. vizsgálat eredményei.....	10
2.2.3. A 2. vizsgálatból levonható következtetések.....	10
2.3. A rektális vizsgálat hatása a szív működésre (3. vizsgálat).....	11
2.3.1. Anyag és módszer.....	11
2.3.2. A 3. vizsgálat eredményei.....	12
2.3.3. A 3. vizsgálatból levonható következtetések.....	12
2.3.4. A krónikus stressz szív működési vonatkozásai (4. vizsgálat).....	13
3.4.1. Anyag és módszer.....	13
3.4.2. A 4. vizsgálat eredményei.....	13
3.4.3. A 4. vizsgálatból levonható következtetések.....	14
3. KÖVETKEZTETÉSEK	15
4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	16
5. A szerző az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációi	18
6. A szerző az értekezés témaköréhez nem kapcsolódó publikációi	23

Rövidítések jegyzéke

R–R-távolság	az EKG két szomszédos R-hulláma közötti távolság
HR	szívritmus
HRV	szívritmus-változékonyság
LF	a HRV alacsonyfrekvenciás komponense
HF	a HRV nagyfrekvenciás komponense
LF/HF	az alacsony- és nagyfrekvenciás komponensek hányadosa
RMSSD	a szomszédos R–R-távolságok különbségeinek négyzetgyöke
SD1	a Poincaré-grafikon pontjainak azonosságegyenesre merőleges szórása
SD2	a Poincaré-grafikon pontjainak azonosságegyenessel párhuzamos szórása
SD2/SD1	az SD2 és SD1 mutatók hányadosa
DFA1	az R–R-távolságok rövidtávú időbeli rendezetlensége
DFA2	az R–R-távolságok hosszútávú időbeli rendezetlensége
L_{MAX}	a leghosszabb átlós szakasz az RP mátrixban
GAT	görbe alatti terület
GLM	generalized linear model

Az értekezésben használt szív működési mutatók és az azok által jelzett vegetatív idegrendszer tónus

Elemző módszer	HRV-mutató	Vegetatív idegrendszeri aktivitás
Időtartományban	HR (min^{-1})	szimpatikus tónus
	RMSSD (ms)	paraszimpatikus tónus
Frekvencia-tartományban	HF	paraszimpatikus tónus
	LF/HF	szimpató-paraszimpatikus egyensúly
Poincaré-grafikon	SD1 (ms)	paraszimpatikus tónus
	SD2 (ms)	szimpatikus tónus
	SD2/SD1	szimpató-paraszimpatikus egyensúly

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI

1.1. A stressz vegetatív idegrendszeri megközelítése

A stressz fogalma az 1930-as években vált ismertté, amikor Selye János világhírű biológus a Nature folyóiratban megfogalmazta stresszelméletét. Az általa leírt stressz–stresszor–stresszreakció fogalomrendszerén alapuló stresszelmélet alapján: „a stressz a test nem specifikus válasza a testet ért nem fajlagos igénybevételekre”. Újabb, az állatjóllét meghatározásával foglalkozó tanulmányok alapján a stressz „az állatok környezettel való megküzdésre történő kísérlete”, dolgozatomban mégis, Stephen W. Porges, az idegtudományok terén is jelentős sikereket elérő fejlődépszichológus értelmezése szerint használok. Porges stresszelmélete szerint, a paraszimpatikus idegrendszeri működés határozza meg a stresszreaktivitást és a stresszérzékenységet. 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.

1.2. A szívritmus-változékonyság vizsgálata szarvasmarhákban

A szívritmus-változékonyság (heart rate variability, HRV) vizsgálatának alapja, hogy egészséges állatoknál a két szívverés között eltelt időtartamok (R–R-távolságok) nem egyforma hosszúságúak. E szívverések közötti időtartamok változékonysága meghatározható a HRV jelzőszámaival. A HRV spektrális mutatói közül egyesek a vágusz, míg mások a szimpatikus idegi aktivitást jelzik, ezáltal pontos mutatói a stressznek.

Noha a HRV kutatása a humán gyógyászatban hazánkban már az 1990-as évek közepére nyúlik vissza, a vegetatív idegrendszeri működés ily módú vizsgálatára háziállatokban napjainkig kevés törekvés irányult. Ezzel szemben az USA-ban és Nyugat-Európában a stressz viselkedési és élettani összefüggéseinek feltárására egyre gyakrabban alkalmazzák e módszert olyan gazdaságilag fontos haszonállatokban is, mint pl. a szarvasmarha, a sertés, a juh és a házi tyúk. A szarvasmarhák szív működését vizsgáló tanulmányok többnyire humán vizsgálatok céljára, illetve sportlovak számára gyártott műszerek, illetve a HRV-mutatók alkalmazhatóságát értékelték. Az alapkutatásokon kívül főként a fertőző betegségek, a borjakon végzett fájdalommal járó beavatkozások és a fejés vegetatív idegrendszeri hatásait értékelték szív működési változókkal. Az utóbbi vizsgálatok általában újonnan beüzemelt automatikus fejési rendszerek és a hagyományos fejőházi fejés állatjólléti vonatkozásait tárgyalták.

1. 3. Célkitűzések

Dolgozatomban tejlő szarvasmarhákon telepi körülmények között végzett kutatási eredményeim bemutatásával igyekszem alátámasztani a vizsgálati módszer létjogosultságát a viselkedés-élettan és az állatjóllét, de legfőképpen az állattenyésztés területein. Kutatásaim során az alábbi főbb célkitűzéseket foglalmaztam meg:

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

2. SAJÁT VIZSGÁLATOK

2.1. Tejelő tehenek szív működésének alapvizsgálatai (1. vizsgálat)

2.1.1. Anyag és módszer

Az 1. vizsgálat során két kisebb állománylétszámú, közepes termelési szintű [József major (n=51), Nóráp (n=43)] és négy nagyobb állománylétszámú, intenzív tejtermelő tehenészetet látogattam [Jászapáti (n=36), Ödön major (n=55), Csípőtelek (n=58), Lászlópuszta (n=64)]. A vizsgálat során a testhelyzet, a kérődzés, a takarmányfelvétel, a telep, a vérmérséklet és az embertől való félelem szív működésével való összefüggéseit többször ellett tejelő (n=243), míg a napszak és az évszak szívritmusra és HRV-mutatókra gyakorolt hatásait szárazonálló holstein-fríz teheneken (n=64) értékeltem.

Naponta 8–12 állatot vizsgáltam. Az R–R-távolságok rögzítését Polar Equine RS800 CX (Polat Electro Oy, Kempele, Finnország) műszerekkel végeztem, amelyek egy speciális jeladót, egy HR-vevőkészüléket és két elektródát tartalmaznak. Az egyik elektródát a szív tájékán, míg a másikat a jobb lapocka felett helyeztem el, majd bőséges mennyiségű géllal (Aquaultra Blue, MedGel Medical, Barcelona, Spanyolország) kentem be felszínüket. Az elektródahámot saját tervezésű, szarvasmarhabőrből készült hevederrel rögzítettem az állatokon.

Az R–R-távolságokat fekvés, fekvő kérődzés, állás, állva kérődzés és takarmányfelvétel közben rögzítettem tejelő teheneken. A HRV értékeit idő (RMSSD) és frekvenciatartományban számított (HF, LF/HF) és Poincaré-mutatókkal (SD1, SD2/SD1) határoztam meg a Kubios 2.1 HRV szoftver segítségével. A tehenek vérmérsékletét a műszerek felhelyezése, mint nem megszokott környezeti inger alkalmával értékeltem (1 pont: nyugodt, 2 pont: élénk, 3 pont: ideges). Az állatok félelmi reakcióit az etetőasztalnál végzett közelítési teszt alkalmával jellemeztem. A következő változókat használtam: megközelíthetőség (M; 0 cm: 1 pont, 1–40 cm: 2 pont, >40 cm: 3 pont), a reakció erőssége (R; nem mozdul: 1 pont, fejét elfordítja: 2 pont, hátrál: 3 pont, menekül: 4 pont), a kapcsolat létrejötte (K; az állat megsimogatható/a tesztet végző személy kezét megnyalja, megszagolja). Az embertől való félelem (EVF) jellemzésére egy egyénileg meghatározott, az állatok viselkedésének fenti összetevőit súlyozottan értékelő képletet használtam: $EVF = M \times 0,6 + R \times 0,4 - K$.

A szív működés ritmusát nyáron (n=30, június–július) és télen (n=34, november–december) vizsgáltam, szárazonálló teheneken. Mivel csak a fekvés közben felvett HR- és HRV-értékeket használtam a későbbi elemzés során, az állatok testhelyzetét a nap 24 órájában rögzítettem (óránként 2–4 minta), két éjjellátó kamerát tartalmazó kamerarendszer (Vivotek IP8331, VIVOTEK Inc., Taiwan) segítségével. Munkatársaimmal 8 óránként váltottuk egymást a megfigyelés során. Egy-egy állatról 4–7 napig rögzítettünk folyamatosan adatokat.

A tejelő tehenektől naponta két alkalommal bélsármintákat is gyűjtöttem a rectumból, a nórápi és a jászapáti telepek kivételével minden gazdaságban. A bélsárból kortizolmetabolitokat mértem H3 (triciált) validált kortizol home made RIA-módszerrel.

A statisztikai elemzést az SPSS 18 programcsomaggal (SPSS Inc., Chicago, IL) végeztem. Az értékelés során Spearman-féle rangkorrelációt, a GLM módszerét, Tamhane-féle post-hoc tesztet, Kruskal-Wallis tesztet és a GAT módszerét alkalmaztam.

2.1.2. Az 1. vizsgálat eredményei

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. Ezzel párhuzamosan a paraszimpatikus aktivitás jelzőszámai (RMSSD, HF, SD1) kisebbek voltak állás közben mérve, mint fekvő testhelyzetben.

A HR és a szimpatikus aktivitás mutatója (LF/HF) a fekvéstől a takarmányfelvétel irányába minden vizsgált tehenészetben nőtt (fekvés < fekvő kérés < állás < állva kérés < takarmányfelvétel), míg a vágusz mutatói (HF, SD1) értékei csökkentek. A kisebb állatlétszámú tehenészetekben fekvő testhelyzetben mért HR-, LF/HF- és SD2/SD1-értékek kisebbek, míg a HF értékei nagyobbak voltak, mint a nagyobb állatlétszámú tehenészetekben. 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, $P < 0,001$), míg szimpatikus aktivitása nagyobb volt (nagyobb HR és LF/HF, $P < 0,05$, mindkét mutató esetében), mint a nyugodt vérmérsékletű teheneké. Az ideges állatok bélsármintáinak kortizolkoncentrációját nagyobbak találtam nyugodt vérmérsékletű társaikkal összehasonlítva ($P < 0,05$).

A nem félénk (kézzel megérinthető, a megérintés után a tesztet végző személlyel kapcsolatba lépő) állatok nyugalmi szívritmusa nagyobb volt, mint az igen félénk teheneké ($P < 0,05$). Az embertől nem félő állatok nyugalmi szimpatikus aktivitása nagyobb (nagyobb LF/HF, $P < 0,001$), míg a paraszimpatikus aktivitásuk kisebb volt (kisebb HF, RMSSD, SD1, $P < 0,001$, $P < 0,05$, $P < 0,05$, sorrendben), mint az igen félénk csoportba osztott állatok hasonló értékei.

A HR és a HF nyáron napszakosságot mutatott. A HR-értékek a délutáni időszakban nagyobbak voltak, mint a délelőtti ($P < 0,01$) és az esti időszakban ($P < 0,05$). A HF értékei az esti és éjszakai-hajnali órákban nagyobbak voltak, mint a nappali időszakban ($P < 0,01$, mindét napszakban). 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.

2.1.3. Az 1. vizsgálatból levonható következtetések

A HR és a HRV-mutatók értékeit a testhelyzet, a kérődzés és a takarmányfelvétel és a telep is befolyásolta. A testhelyzet és a kérődzés szív működési értékekre gyakorolt hatása módszertani szempontból jelentős. Eredményeim olyan vizsgálatok módszertanához adhatnak segítséget, amelyek a HR és a HRV meghatározásával környezeti/technológiai ingerek stresszélettani hatásait vizsgálják az inger fennállása alatt mért szív működési értékeket egy korábbi, nyugalmi értékhez hasonlítva.

A szív működés nyugalmi alapértékeit tehenészetenként különböztek. A kisebb állatlétszámú tehenészetekben a fekvő testhelyzetben mért paraszimpatikus tónus nagyobb, míg a szimpatikus tónus kisebb volt, mint a nagyobb tehenészetekben. A különbségek oka a fejés gyakoriságában és az állatok különböző termelési szintjeiben keresendő. A nyugalmi értékekben tapasztalt különbségek rámutatnak, hogy bár létezik fajtára jellemző 'HRV-profil', ilyen alapértékeket mégsem tudunk általánosan leírni, ugyanis a különböző méretű, állatlétszámú és technológiájú tehenészetben más-más értékek lehetnek jellemzőek.

Eredményeim alapján a bélsár kortizolkoncentrációja összefüggésben áll a vérmérséklettel, vagyis a HHM-tengely aktivitása kihat a viselkedésre.

Megállapítható, hogy az állatok embertől való félelme élettanilag is befolyásolt tulajdonság és lehet egyedre jellemző tulajdonság, nem csak a bánásmód következménye. Amennyiben ez így van, a félős állatok szelekciójával, illetve az azokra való nagyobb odafigyeléssel javítható lehet a termelés is.

A HR és a HF napszakos és évszakos változásai alapján megállapítható, hogy a nyári időszakban a koradélutáni időszakban jellemző erős felmelegedés a szárazonálló tehenek számára megterhelő.

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

2.2.1. Anyag és módszer

A 2. vizsgálatban hagyományos és robotizált fejési rendszerekben határoztam meg tejelő tehenek (n=219) szív működési mutatóit. Jászapátiban 36, Ödön majorban 50, Csípótelken 49, József majorban a hagyományos fejési rendszer üzemelésekor 27, a robotizált fejési rendszer üzemelésekor 20, míg Nórápon 37 állatról gyűjtöttem értékelhető adatokat. Az R–R-távolságok rögzítését minden telepen a reggeli fejést követően, 7:30 és 9:30 között kezdtem meg. Az adatfelvételt az esti fejés utáni 60. percig folytattam (18:30–22:00).

A szív működés alapértékeit a fejést megelőző 2 órában rögzítettem állás (a fejés közben nem kérődző tehenek) és állva kérődzés (a fejés közben kérődző tehenek) közben (2–4 minta/állat). A fejés körüli időszakban a szív működést és a viselkedést (lépésszám/perc) egymással párhuzamosan vizsgáltam. A fejést megelőző fázisokat (felhajtás, elővárakozó, a fejőházba való belépést megelőző

1 perc) a HR-vevőkészülékekkel szinkronba hozott karórám segítségével, vizuális megfigyeléseim alapján különíttem el. A fejőházba való belépés utáni fázisokat (előkészítés, fejés, fejés utáni várakozás) a HR-vevőkészülékekkel szinkronba hozott digitális videokamerák felvételei alapján különíttem el.

A fejés elkülönített fázisai során mért HR- és HRV-értékeket a GLM módszerével értékeltem külön-külön minden tehenészetben, a lépésszámokat a Tamhane-féle post-hoc teszttel hasonlítottam össze a fejés fő fázisai között.

2.2.2. A 2. vizsgálat eredményei

A nagyobb fejőházakban gyakoribbak voltak a lépések a fejés előkészítő szakaszában, mint a későbbi fázisokban ($P < 0,001$, mindhárom tehenészetben). A fejőállásban töltött idő (a fejőállás elfoglalása és a fejőállásból való kilépés közötti idő) során mért és a nyugalmi szív működési értékek közötti különbségeket a HRV spektrális paraméterei jól mutatták a kisebb és a nagyobb méretű fejési rendszerek között. A HF csökkenésének mértéke statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt a nagyméretű fejőházakban (Ödön major, Csípőtelek, Jászapáti), mint Nórápon és József majorban, (mindkét fejési rendszerben: $P < 0,01$). Az LF/HF szintén nagyobb fejés közbeni stresszt jelzett a sok állással rendelkező fejőházakban (Ödön major, Jászapáti), mint József majorban vagy Nórápon, a szimpatikus tónus markánsabb erősödését mutatva ($P < 0,01$).

A kisebb fejőházakban a fejőház/fejőegység elővárakozójában kisebb LF/HF- és nagyobb HF-értékeket kaptam, míg a nagyobb fejőházakban ennek az ellenkezője volt megfigyelhető. A nagyobb fejőházakban 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 a HF-mutatóhoz hasonlóan a jászapáti és Ödön majori tehenészetben nagymértékű izgalmi-szint növekedést jelzett, míg Csípőtelken – ahol 72-állásos fejőkarusszalben fejték az állatokat – ez nem volt megfigyelhető.

Sem a leadott tej mennyiség, sem a tejszármazékok mennyisége nem voltak összefüggésben a fejőállásban/fejőegységben mért HRV-értékekkel a vizsgált fejési rendszerekben. Az előkészítési idő hossza egyik fejési rendszerben sem volt összefüggésben a fejés közben mért szív működéssel. Az elővárakozóban eltöltött idő hossza sem befolyásolta a fejés közben mért szív működési értékeket.

2.2.3. A 2. vizsgálatból levonható következtetések

A nagyobb méretű fejőházakban a fejés során tapasztalt gyakoribb lépésszám oka vélhetően a gyors és intenzív tőgy előkészítés, valamint a 2–3 fejő jelenléte lehet. A regisztrált lépésszámok azonban egyik vizsgált tehené-

szetben sem utaltnak nagy stresszre. A HRV elemzése alapján azonban a nagyobb fejőházakban a fejés nagyobb stresszt jelent a teheneknek, mint a kisebb fejőházakban, és ez az elővárákozóban igazán kifejezett. A nagyobb fejőházak elővárákozójában mért nagymértékű paraszimpatikus aktivitáscsökkenés az állatok elővárákozóban való zsúfolódásával magyarázható.

Eredményeim alapján 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 karusszeles fejés kevésbé megterhelő az állatoknak, mint a hasonlóan nagyméretű fejőházakban történő fejőaknás fejés.

2.3. A rektális vizsgálat hatása a szív működésre (3. vizsgálat)

2.3.1. Anyag és módszer

A rektális vizsgálatra adott szív működési reakciókat 11 tejelő és 12 szárazonálló tehenen értékeltem, a csípőtelki tehenészetben. 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 procedura előtti, alatti és utáni időszakban minden vizsgált állat mellett, mindkét oldalon tartózkodott állat, méghozzá azonos istálló csoportból. A vizsgálatot rajtam kívül gyakorlott állatorvosok végezték, kellő óvatossággal, a petefészket és a méhet nem érintve.

A HRV elemzése során a HR, az RMSSD és a HF értékeit határoztam meg 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.

A tejelő és szárazonálló tehenek szív működési válaszainak összehasonlításához a rövidtávú stresszválasz erősségét (maximum HR, RMSSD és HF, illetve e mutatók amplitúdója) és tartamát (a nyugalmi értékhez való visszatérésig eltelt idő), illetve egy ezeket egyszerre becsülő változót (görbe alatti terület, GAT) 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.

2.3.2. A 3. vizsgálat eredményei

A tejlő tehenek nyugalmi HR-értékei szignifikánsan nagyobbak voltak, mint a szárazonálló tehenek értékei ($P < 0,001$, mindkét esetben). A vizsgálat alatt a tejlő és szárazonálló tehenek szívritmusa hirtelen nőtt ($P < 0,001$, 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.

A szárazonálló tehenek paraszimpatikus aktivitása közel kétszerese volt a tejlő tehenekének ($P < 0,001$). A rektális vizsgálat során mért RMSSD- és HF-értékek a szárazonálló és a tejlő teheneknél egyaránt szignifikánsan csökkentek a nyugalmi értékekhez viszonyítva ($P < 0,001$, mindkét csoportban), amely a paraszimpatikus aktivitás hirtelen csökkenését jelezte. A HF-mutató értékeinek csökkenése a szárazonálló tehenek esetében átlagosan 38,1%-os volt, míg tejlő teheneknél 28,5% (különbség a két csoport között: $P < 0,01$).

A rektális vizsgálatot követő 5 perc során az RMSSD- és a HF-értékek mindkét csoportban maximumértéket vettek fel. Mindez a vizsgálat által okozott nagymértékű stressz után a paraszimpatikus tónus 'helyreállító' működésének lehet a következménye. 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 tejlő 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 tejlő tehenek hasonló paraméterével összehasonlítva ($P < 0,001$; $P < 0,01$, sorrendben).

A fellépő stressz a tejlő tehenek esetében hosszabb távú (hosszabb visszatérési idő a tejlő tehenek csoportjában: $P < 0,001$, mindkét mutatónál) és erősebb volt (kisebb GAT a vizsgálat után: RMSSD: $P < 0,05$; HF: $P < 0,001$).

2.3.3. A 3. vizsgálatból levonható következtetések

Megállapítható, hogy a rektális vizsgálat jelentős stresszt okoz tejlő 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.

A rektális vizsgálat rövidtávon nagyobb megterhelést jelentett a szárazonálló tehenek számára, ennek oka az lehet, hogy a késői parturum időszakban ezek az állatok nincsenek ilyen vizsgálatoknak alávetve. Az akut fájdalom vegetatív idegrendszeri hatásai azonban kb. 45 perc után megszűntek, míg a tejlő teheneknél a nyugalmi szintre történő visszaállás 1,5 órát vett igénybe. További vizsgálatok szükségesek annak kiderítésére, hogy e különbségeknek élettani vagy menedzsmentbeli háttere van.

2.4. A krónikus stressz szívműködési vonatkozásai (4. vizsgálat)

2.4.1. Anyag és módszer

A 4. vizsgálatot az Ödön majori tehenészetben végeztem ($n=108$), 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. Az állatok mozgásképét 1–5 pontos skálán határoztam meg, ahol 1 pont a teljesen egészséges, 5 pont a súlyosan sánta kategória. 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.

A 108 tejlő tehén közül naponta 7–10 egyed szívműködési értékeit rögzítettem, ezek a lehetőségekhez mérten fele-fele arányban voltak sánták és egészségesek. A két csoport állatainak szívműködését 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 4. vizsgálatban vérmintákat is gyűjtöttem, három időpontban: 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, 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°C -on tároltam. A vér kortizolkoncentrációját a szarvasmarhák vérplazmájára kifejlesztett H3–RIA technikával határoztam meg.

A statisztikai kiértékelés során a Mann–Whitney-tesztet, a GLM módszerét és a Wilcoxon-féle előjeles rangszám-próbát alkalmaztam.

2.4.2. A 4. vizsgálat eredményei

A sánta tehenek idő- (RMSSD, $P<0,01$) és frekvencia-tartományban (HF, $P<0,001$), valamint a Poincaré-grafikonnal számított (SD1, $P<0,05$) nyugalmi HRV-értékei nagyobbak, míg LF/HF- és SD2/SD1-értékeik kisebbek voltak ($P<0,001$, mindkét mutató esetében), mint az egészséges állatoké. Mindez az érintett tehenek fokozott paraszimpatikus idegrendszeri aktivitását és a szimpató-paraszimpatikus egyensúly szimpatikus irányba való eltolódását jelzi.

A nem lineáris mutatók mindegyike (L_{MAX} , DFA1, DFA2) statisztikailag igazolhatóan kisebb volt a sánta teheneknél, mint az egészségeseknél ($P<0,001$, $P<0,001$, $P<0,05$, sorrendben), amely a sánta tehenek nagyobb stressz terheléséről árulkodik.

A takarmányfelvétel közben mért HF- és SD1-értékek nagyobbak ($P < 0,001$, $P < 0,05$, sorrendben), míg a szimpató-paraszimpatikus egyensúly jelzőszámai (LF/HF, SD2/SD1) kisebbek voltak a sánta teheneknél ($P < 0,001$, $P < 0,05$, sorrendben), mint egészséges társaiknál.

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 értékeket találtam mindkét csoportban. A HF értéke csak a sánta teheneknél csökkent statisztikailag igazolhatóan ($P = 0,017$) a nyugalmi értékekhez képest. Az LF/HF-értékek a rektális vizsgálat során szignifikánsan nőttek a sánta tehenek csoportjában ($P = 0,022$), míg az egészséges állatoknál ez nem volt megfigyelhető. A rektális vizsgálat során a nyugtalanság, a percnkénti lépések száma, a vokalizáció, illetve a kérődzés gyakorisága sem különbözött a két csoport között ($P > 0,05$, mindhárom viselkedési reakció esetében).

A HR a fejés körüli időszak egyik vizsgált fázisában sem különbözött a sánta és az egészséges tehenek csoportjai között ($P = 0,138$). A HF értékei az előváraozóba 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 stresszszintjét jelzi, amely vélhetően a kényszerített járással járó fájdalom következménye lehetett. A fejőállásban mért kismértékű stresszszint-különbséget (nagyobb LF/HF a sánta tehenek csoportjában, $P < 0,05$) alátámasztja a percnkénti lépésszámok elemzése is. A percnkénti lépésszám-értékek azonban sem a fejés előkészítése, sem a fejés utáni várakozás fázisa alatt nem különböztek statisztikailag igazolható mértékben a két csoport között.

A vér kortizolkoncentrációja a HRV spektrális mutatóihoz hasonlóan mutatta a sánta és az egészséges tehenek stresszérzékenysége közötti különbséget a rektális vizsgálat során. A sánta tehenek vér szérum kortizolszintje a nyugalmi értéket jelentősen meghaladta (107%, $P = 0,012$), míg az egészséges állatok esetében nem különbözött attól szignifikánsan ($P = 0,637$). A fejést követően szinte megegyező kortizolkoncentrációkat kaptam a két csoportban ($P = 0,988$), alátámasztva a HF- és az LF/HF-mutatók igen kismértékű változásait.

2.4.3. A 4. vizsgálatból levonható következtetések

A sántaság okozta krónikus stressz a vegetatív idegrendszeri egyensúly eltolódását eredményezi a paraszimpatikus tónus irányába. Az érintett állatok alacsony nyugalmi szívritmusa azonban nem tekinthető a krónikus stressz jelzőjének, inkább a sántaság következtében megváltozott viselkedés és csökkent napi aktivitás következménye lehet. A 4. vizsgálat alapján megállapítható, hogy a szív működés nem lineáris összetevőinek rendezetlenségét leíró paraméterek alkalmasak a krónikus stressz kimutatására tejlő tehenekben.

Eredményeim alapján a sánta tehenek érzékenyebbek a hirtelen fellépő, fájdalommal is járó akut stresszre (rektális vizsgálat), vagyis a krónikus stressz növeli az akut stresszorokra adott hormonális és vegetatív idegrendszeri válaszkészséget. Mivel a sánta és egészséges állatok viselkedése nem különbözött számottevően a rektális vizsgálat alatt, megállapítható, hogy olyan esetben, amikor a hosszútávú stressz alatt álló állatok stresszreakcióit vizsgáljuk, az élet-tani (hormonális és HRV-ben mérhető) változások pontosabban tükrözik az érintett állatok stresszérzékenységét, mint a viselkedés leírása.

A fejés elkülönített fázisai (előkészítés, fejés, várakozás) alatt meghatározott HR és a HRV mutatói nem jeleztek egyértelmű különbségeket a két vizsgálati csoport szív működését illetően. Mindebből arra következtethetünk, hogy a fejés időszaka nem okoz annyival nagyobb stresszt a sánta állatoknak, mint az egészségeseknek, hogy az a jóllétüket számottevően ronthatná.

3. KÖVETKEZTETÉSEK

A szív működési változók meghatározása további stresszvizsgálati módszerekkel kiegészítve pontos képet adhatnak a termelési környezet és az állatjólét viszonyáról. A négy vizsgálat eredményei alapján kijelenthető, hogy a HRV hagyományos elemző módszereivel lehetséges a rövidtávú stressz meghatározása tejelő szarvasmarhákban. 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 haszonállatok esetében még nem használt nem lineáris HRV-mutatók hasznosnak bizonyultak a krónikus stressz vizsgálatára.

A szív működés vizsgálata hazánkban is hasznos lehet a szarvasmarhákban végzett viselkedés-élettani kutatásokban. Kellő vizsgálati tapasztalat birtokában a HRV módszerével a korábbiaknál jóval pontosabb magyarázatokat adhatunk a szarvasmarhatartás egyes állatjóléti 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 tejelő szarvasmarhatartás egyes technológiai elemeinek állatjóléti szempontú értékelését.

4. 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 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. A fekvés közben mért szimpatikus aktivitás kisebb, míg a vágusz 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 bélsár 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 elővárározóban 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 vágusz tónus 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 megterhelőbb, mint az egészségeseknek. Ez hormonális és vegetatív idegrendszeri mutatókkal is mérhető.

5. A szerző az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációi

Magyar nyelvű könyvrészlet

Tózsér J., Szentléleki A., **Kovács L.** (2011): Szarvasmarhatartás és környezet. In: Állattenyésztés és környezet. Egyetemi jegyzet.

Monográfia

Kovács L., Kézér F.L., Tózsér J. (2014): A szívritmus-variancia vizsgálata tejező szarvasmarhákon. Szent István Egyetem Kiadó, 128 pp.

Impakt faktoros első szerzős cikk

Kovács L., Nagy K., Szelényi Z., Szenci O., Tózsér J. (2012): A szívritmus-változékonyság elemzésének biológiai háttere, módszertani kérdései és eredményei szarvasmarha stresszvizsgálataiban – Irodalmi összefoglaló. Magyar Állatorvosok Lapja, 134. 515-523.

Kovács L., Nagy K., Kultus, K., Szenci O., Tózsér J. (2012): Tejező tehenek szívritmus-változékonysága a fejés körüli időszakban. Magyar Állatorvosok Lapja, 134. 653-661.

Kovács, L., Jurkovich, V., Bakony, M., Póti, P., Szenci, O., Tózsér, J. (2014): Welfare assessment in dairy cattle by heart rate and heart rate variability – Literature review and implications for future research. *Animal*, 8, 316-330.

Kovács, L., Bakony, M., Tózsér, J., Jurkovich, V. (2013): *Short communication*: The effect of milking in a parallel milking parlor with non-voluntary exit on the HRV of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 96. 7743-7747.

Kovács L., Kézér F.L., Jurkovich V., Szenci O., Tózsér J. (2014): Tejező tehenek szívritmusa és szívritmus-változékonysága hagyományos és robotizált fejési rendszerekben – előzetes eredmények. Magyar Állatorvosok Lapja, 136, 133-140.

Referált első szerzős idegen nyelvű cikk

Kovács, L., Kézér, L., Tózsér, J. (2013): 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.

Kovács, L., Kézér, L., Jurkovich, V., Nagy, K., Szenci, O., Tózsér, J. (2013): Heart rate variability of high producing cows in a parallel milking system. *Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia*, 9. 1. 12-17.

Referált első szerzős magyar nyelvű cikk

Kovács L., Szelényi Z., Szentléleki A., Tózsér J., Szenci O. (2010): Az embri-onális és magzati mortalitást előidéző kórokok és környezeti hatások szerepe tejelő szarvasmarhában – Irodalmi áttekintés. *Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia*, 6. 2. 153-176.

Kovács L., Kovács A. (2012): A hőstressz megelőzésének és mérséklésének módszerei a tejelő szarvasmarhatartásban – Irodalmi áttekintés. 1. Közlemény: A hőstressz jelei és következményei. *Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia*, 8. 1. 43-59.

Kovács L., Kovács A. (2012): A hőstressz megelőzésének és mérséklésének módszerei a tejelő szarvasmarhatartásban – Irodalmi áttekintés. 2. Közlemény: A hőstressz kártételének csökkentési lehetőségei tartástechnológiai megoldásokkal. *Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia*. 8. 2. 159-174.

Kovács L., Szentléleki A., Tózsér J. (2012): A szívritmus-variancia kutatása szarvasmarhában – irodalmi áttekintés. 1. közlemény: A szívritmus-variancia vizsgálatának élettani alapjai és módszertana. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 61. 1. 3-35.

Kovács L., Szentléleki A., Tózsér J. (2012): A szívritmus-variancia kutatása szarvasmarhában – irodalmi áttekintés. 2. közlemény: A szívritmus-variancia kutatások eredményei. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 61. 1. 57-72.

Kovács L., Kézér L., Tózsér J. (2013): Tejelő tehének tanult és öröklött viselkedési formái, technológiához való habituációja és érzelmei. *Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia*, 9. 1. 28-49.

Referált nem első szerzős magyar nyelvű cikk

Tózsér J., **Kovács L.**, Nagy K., Demény M., Fóris B., Jurkovich V. (2013): Néhány új, a szarvasmarhák jóllétével kapcsolatos hazai kutatási eredmény. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 62. 426-438.

Nemzetközi konferencián tartott előadás

Kovács, L., Nagy K., Szentléleki, A., Tózsér, J. (2012): The methodology of heart rate variability measurement in dairy cattle. International Conference of Animal Breeding, Mendel University in Brno, Brno, Czech Republic, 10 January 2012, p. 23.

Kovács, L., Jurkovich, V., Nagy, K., Szenci O., Tózsér, J. (2013): Effects of milking procedure on heart rate and heart rate variability in a Hungarian dairy farm. International Conference of Animal Breeding, Mendel University in Brno, Brno, Czech Republic, 10 January 2013, p. 17.

Kovács, L., Tózsér, J., Jurkovich, V. (2013): The effect of lameness on HRV parameters during milking. In: Proceedings and abstracts of the 31st World Veterinary Congress, Prague, Czech Republic, 17-20 September, 2013. Paper 490.

Kovács, L., Szelényi, Z., Aubin-Wodala, M., Albert, E., Choukair, A., Tózsér, J., Szenci, O. (2014): Heart rate and cardiac vagal tone activity around calving in dairy cows with unassisted calving. XIV. Middle European Buiatric Congress. Poland, Warsaw, 25-27 May, 2014. pp. 146-147.

Hazai konferencián tartott előadás

Kovács L., Szelényi Z., Tózsér J., Szenci O. (2010): A vemhességi ultrahangvizsgálat gyakorlati alkalmazása tejelő szarvasmarha-állományban. XVI. *Ifjúsági Tudományos* Fórum, Állattenyésztési szekció, Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Keszthely, 2010. március 25.

Kovács L., Szentléleki A., Tózsér J. (2011): Szívritmus-variancia: a fiziológiai és mentális stressz indikátora az alkalmazott állattenyésztési kutatásokban. XVII. Tudományos Ifjúsági Fórum, Állattenyésztési szekció, Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Keszthely, 2011. április 21.

Kovács L., Nagy K., Szenci O., Tózsér J. (2012): Tejelő tehenek egyes szív-működési paramétereinek változása a napszak és a fejés körüli technológia függvényében. XVIII. Tudományos Ifjúsági Fórum, Állattenyésztési szekció, Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Keszthely, 2012. április 19.

Kovács L., Szentléleki A., Tózsér J. (2011): A szívritmus-variancia vizsgálatok módszertani kérdései szarvasmarhában. III. Gödöllői Állattenyésztési Tudományos Napok, Gödöllő, 2011. október 13-15.

Kovács L., Jurkovich V., Kézér F. L., Tózsér J. (2013): Előzetes eredmények: tejlő tehenek szívritmus-varianciája hagyományos és robotizált fejési rendszerben. IV. Gödöllői Állattenyésztési Tudományos Napok, Gödöllő, 2013. október 24-26, p. 31.

Kézér F.L., Tózsér J., Jurkovich V., **Kovács L.** (2013): Egészséges és sánta tehenek szívritmusa és szívritmus-varianciája fejés során. IV. Gödöllői Állattenyésztési Tudományos Napok, Gödöllő, 2013. október 24-26, p. 29.

Kovács L. (2013): Egészséges és sánta holstein-fríz tehenek szívritmusa és szívritmus-varianciája fejés során. Az Állattenyésztés-tudományi Doktori Iskola Fóruma, Gödöllő, 2013. június 19, pp. 72-82.

Kovács L., Szentléleki A., Kindler, A., Dollinger, J., Kaufmann, O., Tózsér J. (2010): A szívritmus-variancia mérés eredményei a szarvasmarhatenyésztésben – Irodalmi áttekintés. XXXIII. Óvári Tudományos Nap, Mosonmagyaróvár, 2010. október 7.

Kovács L., Jurkovich V., Szelényi Z., Kézér L., Tózsér J., Szenci O. (2013): A szívritmus és a paraszimpatikus tónus változása az ellés körüli időszakban tejlő teheneknél. In: Szenci O., Brydl E., Jurkovich V. (szerk.) Egészséges állattáplálomány – gazdaságos termelés: A Magyar Buiatrikus Társaság XXIII. nemzetközi kongresszusa, Siófok, 2013. október 16-19, p. 91.

Kovács L., Nagy K., Szelényi Z., Szenci O., Tózsér J. (2012): A szívritmus fejés körüli változékonysága egy intenzív holstein-fríz tehenészetben. In: A Magyar Buiatrikus Társaság XXII. Nemzetközi Kongresszusa. Kecskemét, 2012. október 17-20, pp. 183-187.

Kovács L., Nagy K., Tózsér J., Szenci O. (2012): Akut fiziológiai és technológiai stressz vizsgálata egy nagyüzemi holstein-fríz tehenészetben a szívritmus-variancia elemzésével. Akadémiai beszámolók, Klinikumok, gyógyszeratan, toxikológia szekció, Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Doktori Iskola, Budapest, 2012. január 16-19.

Kovács L., Tózsér J., Kézér L., Kulcsár M., Jurkovich V. (2014): Szívritmusvizsgálatok tejlő teheneken: a hagyományos és a robotfejés stresszélettani vonatkozásai. Akadémiai beszámolók, Állathigiénia szekció, Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Doktori Iskola, Budapest, 2014. január 27-30.

Kovács L., Szelényi Z., Aubin-Wodala M., Albert E., Choukair, A., Tózsér J., Szenci O. (2014): Tejlő tehenek szívritmusa és szívritmus-változékonysága per vias naturales (segítségnyújtás nélküli) ellés során (2014): Akadémiai beszámolók, Klinikumok, gyógyszeratan, toxikológia szekció, Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Doktori Iskola, Budapest, 2014. január 27-30.

Nemzetközi konferencián bemutatott poszter

Kovács, L., Tózsér, J., Jurkovich, V. (2013): Association between lameness, heart rate and heart rate variability during different activities of dairy cows. In: Whay, B., Hockenhull, J. (eds.) Proceedings of the 17th International Symposium and 9th International Conference on Lameness in Ruminants, University of Bristol, Bristol, UK, 11-14 August, 2013, p.75.

Kovács, L., Kézér, L., Tózsér, J. (2013): Measuring stress level of dairy cows during milking using by geometric indices of heart rate variability. International Scientific Symposium Bioengineering of Animal Resources, Timisoara, Romania, 30-31 May, 2013.

Hazai konferencián bemutatott poszter

Kovács L., Szentléleki A., Kaufmann, O., Tózsér J. (2010): A szívritmus-variancia alkalmazhatósága, mint stresszindikátor a szarvasmarha fajban – Irodalmi áttekintés. XII. Magyar Etológiai Kongresszus, Veszprém, 2010. november 12-13.

Nem első szerzős nemzetközi konferencia előadás

Jurkovich, V., Tózsér, J., **Kovács, L.** (2013): The effect of lameness on behaviour and heart rate variability during acute stress in dairy cows. In: Whay, B., Hockenhull, J. (eds.) Proceedings of the 17th International Symposium and 9th International Conference on Lameness in Ruminants, University of Bristol, Bristol, UK, 11-14 August, p.70.

Jurkovich, V., Tózsér, J., **Kovács, L.** (2013): The effect of aggressive behaviour on HRV parameters of lame and non lame cows during feeding. In: Proceedings and abstracts of the 31st World Veterinary Congress, Prague, Czech Republic, 17-20 September, 2013. Paper 487.

Szentléleki, A., **Kovács, L.,** Tózsér, J. (2010): Stress level of dairy cows by measuring heart rate variability using polar equipment. Symposium des Fachgebietes Tierhaltungssysteme und Verfahrenstechnik der Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin, Deutschland, 8-9 Juli, 2010.

Jurkovich, V., Tózsér J., Kézér, L., Sramkó, Á., **Kovács, L.** (2013): The effect of lameness on behaviour and heart rate variability during acute stress in dairy cows. In: Szenci O., Brydl E., Jurkovich V. (szerk.) Egészséges állatállomány – gazdaságos termelés: A Magyar Buiatrikus Társaság XXIII. nemzetközi kongresszusa, Siófok, 2013. október 16-19, p. 98.

6. A szerző az értekezés témaköréhez nem kapcsolódó publikációi

Impakt faktoros nem első szerzős cikk

Szelényi Z., **Kovács L.**, Bajcsy Á. Cs., Tőzsér J., Szenci O. (2012): Vemhességi ultrahangvizsgálatok kiértékelése egy tejelő szarvasmarha-állományban. Magyar Állatorvosok Lapja, 134. 3. 138-144.

Referált első szerzős magyar nyelvű cikk

Kovács L., Szelényi Z., Szentléleki A., Tőzsér J., Szenci O. (2010): Az embriónális és magzati mortalitást előidéző kórokok és környezeti hatások szerepe tejelő szarvasmarhában – Irodalmi áttekintés. Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia, 6. 2. 153-176.

Kovács L., Pajor F., Póti P., Tőzsér J. (2012): A mesterséges gidanevelés tartási és takarmányozási gyakorlata és kutatási eredményei – Irodalmi összefoglaló. 1. Közlemény: A gidák mesterséges takarmányozása. Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia, 8. 2. 148-158.

Kovács L., Kézér L., Pajor F., Póti P., Tőzsér J. (2013): A mesterséges gidanevelés tartási és takarmányozási gyakorlata és kutatási eredményei – Irodalmi összefoglaló. 2. Közlemény: A gidák tartástechnológiája. Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia, 9. 1. 18-27.

Hazai konferencián tartott előadás

Kovács L., Szelényi Z., Tőzsér J., Szenci O. (2010): A vemhességi ultrahangvizsgálat gyakorlati alkalmazása tejelő szarvasmarha-állományban. XVI. *Ifjú-sági Tudományos Fórum*, Állattenyésztési szekció, Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Keszthely, 2010. március 25.

Kovács L., Szelényi Z., Tőzsér J., Szenci O. (2010): Vemhességi ultrahangvizsgálatok kiértékelése egy tejelő szarvasmarha-állományban. Akadémiai beszámoló, Klinikumok szekció, Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Doktori Iskola, Budapest, 2010. január 25-28.

Nem első szerzős nemzetközi konferencia előadás

Szelényi, Z., **Kovács, L.**, Tózsér, J., Szenci, O. (2010): Evaluation of ultrasonographic pregnancy diagnoses in a Hungarian dairy farm: results of a two year period. In: Proceedings of the 26th World *Buiatric* Congress, Santiago, *Chile*, 14-18 November, 2010.

Szelényi, Z., **Kovács, L.**, Tózsér, J., Szenci, O. (2010): Evaluation of ultrasonographic pregnancy diagnoses in a Hungarian dairy farm: results of a two year period. In: Proceedings of the 11th Middle-European *Buiatric* Congress, Brno, Czech Republic, 17-19 June, 2010.

Aubin-Wodala, M., **Kovács, L.**, Albert, E., Choukair, A., Szelényi, Z., Bajcsy, Á. Cs., Szenci, O. (2014): Comparison of postpartum metabolic profiles, milk yield and cyclic activity of cows with and without complications following parturition. XIV. Middle European *Buiatric* Congress, Warsaw, Poland, 25-27 May, 2014.

Albert, E., Aubin-Wodala, M., **Kovács, L.**, Choukeir, A., Biksi, I., Németh, Z., Szenci, O. (2014): Effect of the course of calving on the blood pH level of the newborn calf. XIV. Middle European *Buiatric* Congress, Warsaw, Poland, 25-27 May, 2014.

Baska-Vincze, B., Aubin-Wodala, M., **Kovács, L.**, Albert, E., Kézér, L., Reiczigel, J., Szenci, O. (2014): Applicability of foetal thoracic aortic diameter measurement in the prediction of birth weight in Holstein Friesian cows. XIV. Middle European *Buiatric* Congress, Poland, Warsaw, 25-27 May, 2014.

Szelényi, Z., Győri, D., **Kovács, L.**, Tózsér, J., Szenci, O. (2014): Diagnosis of early pregnancy and late embryonic/early foetal mortality in the case of single and twin pregnancies. XIV. Middle European *Buiatric* Congress, Warsaw, Poland, 25-27 May, 2014.

Nem első szerzős hazai konferencia előadás

Albert E., Aubin-Wodala M., **Kovács L.**, Choukeir, A., Biksi I., Szenci O. (2014): Az ellés lefolyásának hatása az újszülött borjak vér pH értékére. Akadémiai beszámolók, Klinikumok, gyógyszerstan, toxikológia szekció, Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Doktori Iskola, Budapest, 2014. Január 27-30.

Aubin-Wodala M., Albert E., Bajcsy Á.Cs., Choukeir, A., **Kovács L.**, Szenci O. (2014): Az ellés nehézségének, komplikációinak és az elletőben töltött idő hosszának összehasonlító vizsgálata egy nagyüzemi tehenészetben. Akadémiai beszámolók, Klinikumok, gyógyszeratan, toxikológia szekció, Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Doktori Iskola, Budapest, 2014. január 27-30.

Baska-Vincze B., Aubin-Wodala M., **Kovács L.**, Albert E., Kézér F.L., Szenci O. (2014): A borjúmagzat mellkasi aortaátmérőjének és percenkénti szívverésszámának vizsgálata ultrahangkészülék segítségével a vemhesség utolsó hónapjában. Akadémiai beszámolók, Klinikumok, gyógyszeratan, toxikológia szekció, Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Doktori Iskola, Budapest, 2014. január 27-30.

Choukeir, A., Szelényi Z., Bajcsy Á.Cs., **Kovács L.**, Albert E., Aubin-Wodala M., Boldizsár Sz., Szenci O. (2013): Monitoring the onset of calving by a calving alarm thermometer. In: Szenci O., Brydl E., Jurkovich V. (szerk.) Egészséges állatállomány – gazdaságos termelés: A Magyar Buiatrikus Társaság XXIII. nemzetközi kongresszusa, Siófok, 2013. október 16-19, p. 111.

Győri D., Szelényi Z., **Kovács L.**, Boldizsár Sz., Szenci O. (2013): A korai vemhességvizsgálatok eredményeinek és az embrionális, ill. magzati veszteségek értékelése egyes- és ikervemhes szarvasmarhák. In: Szenci O., Brydl E., Jurkovich V. (szerk.) Egészséges állatállomány – gazdaságos termelés: A Magyar Buiatrikus Társaság XXIII. nemzetközi kongresszusa, Siófok, 2013. október 16-19, pp. 106-110.

Győri D., Szelényi Z., **Kovács L.**, Szenci O. (2012): Embrió-és magzatvesztés mértéke ikervemhes és egy borjúval vemhes állatokban. Előzetes eredmények. In: A Magyar Buiatrikus Társaság XXII. Nemzetközi Kongresszusa. Kecskemét, 2012. október 17-20, pp. 142-146.

Szelényi Z., **Kovács L.**, Tózsér J., Szenci O. (2010): A vemhességi ultrahangvizsgálat gyakorlati alkalmazhatósága tejelő szarvasmarha-állományban. A Magyar Buiatrikus Társaság XXIII. nemzetközi kongresszusa, Eger, 2010. október 20-23.