

SZAKDOLGOZAT

Fülöp Tünde Gréta

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Állattenyésztési Tudományok Intézete

**Lótenyésztő, lovassport szervező agrármérnök
alapképzési szak**

**Ultrahangos szaporodásbiológiai vizsgálatok során tapasztalt
stresszhatások mérése kancáknál**

Belső konzulens: Dr. Kútvölgyi Gabriella

Tudományos főmunkatárs

MATE Állattenyésztési Tudományok Intézet,
Precíziós Állattenyésztési és Állattenyésztési
Biotechnikai Tanszék

Társtémavezető: Dr. Molnár Farkas Lúcia

PhD hallgató

MATE, Állatbiotechnológiai és Állattudományi
Doktori Iskola

Külső konzulens: Dr. Nyerges-Bohák Zsófia

Tudományos munkatárs

MATE Állattenyésztési Tudományok Intézet, Állat-
tenyésztés-technológiai és Állatjóléti Tanszék

Készítette: Fülöp Tünde Gréta

Szent István Campus, Gödöllő
2024

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	1
2. A vizsgálat célja	2
3. Szakirodalmi áttekintés	3
3.1 A rektális ultrahang vizsgálat relevanciája kancák esetében.....	3
3.1.1 <i>Az ultrahang készülék működésének alapjai</i>	<i>3</i>
3.1.2 <i>Kancákon végzett ultrahang vizsgálatok jelentősége</i>	<i>4</i>
3.2 A stressz mérésére alkalmas módszerek lovakban	6
3.2.1 <i>A stressz jelentősége</i>	<i>6</i>
3.2.2 <i>A szívritmus variabilitás (HRV) bemutatása, mérési módszerei</i>	<i>8</i>
3.2.3 <i>A HRV vizsgálata.....</i>	<i>11</i>
3.3 A tudomány jelen állása a rektális vizsgálat stresszhatásairól és annak következményeiről ..	16
4. Saját vizsgálatok	24
4.1. Alkalmazott módszerek (anyag és módszer).....	24
4.1.1 <i>Vizsgált lovak jellemzői</i>	<i>24</i>
4.1.2 <i>Vizsgálat menete.....</i>	<i>24</i>
4.1.3 <i>Adatelemzés módszertana, és statisztika</i>	<i>25</i>
4.2. Eredmények és értékelésük	26
4.3. Következtetések és javaslatok	39
5. Összefoglalás	41
6. Köszönetnyilvánítás.....	42
7. Irodalomjegyzék	43
7.1.1 <i>Rövidített, gyakran használt, idegennyelvi eredetű kifejezések jegyzéke</i>	<i>47</i>
7.1.2 <i>Táblázatok jegyzéke</i>	<i>48</i>
7.1.3 <i>Ábrák jegyzéke</i>	<i>48</i>

1. Bevezetés

Az ultrahanggal történő szaporodásbiológiai vizsgálatok napjainkban már mind a haszonállatoknál, mind a hobbiállatoknál bevett eljárásnak minősülnek. Az ultrahangozás több, mint 30 éve meghatározó szerepet tölt be az állattenyésztésben, sokrétű szerepe és nem invazív, biztonságosnak tartott alkalmazhatósága miatt. Lovaknál specifikusan a mének andrológiai vizsgálatánál, kancák esetében a reprodukzív traktus állapotfelmérésénél, az ivari ciklus aktuális stádiumának meghatározásánál, a vemhesség megállapításánál és monitorozásánál egészen az ellésig rendszeresen alkalmazzák a szaporodásbiológiai gondozás kapcsán. A lineáris transzducerrel (vizsgálófej) történő transzrektális ultrahangozás az, amelyet az állatorvosok a rektális tapintásos vizsgálat mellett széleskörűen alkalmaznak nem szaporodásbiológiai vizsgálatok esetén is, azonban kutatásom fókuszában kifejezetten a lótenyésztés szempontjából vizsgálom az ultrahang-diagnosztikai eljárásokat, és a vizsgálatok stresszintre gyakorolt hatását, kiemelten a szívfrekvencia variabilitásra gyakorolt hatását. Ez azért szükséges, mert az ultrahang vizsgálatok tapasztalt ultrahangozó szakemberek által csupán néhány percet vesznek igénybe, a rövid vizsgálat ellenére azonban a vizsgálatokat a kancák különbözőképpen tolerálják.

Lovakkal kapcsolatban csak korlátozott mennyiségben elérhetőek a szaporodásbiológiával összefüggő viselkedés-élettani, állatjóléti- és stresszvizsgálatokról szóló szakirodalmi adatok. Még ennek is csak töredéke elérhető magyar nyelven a hazai felelős lótartók és lótenyésztők számára.

A szívfrekvencia variabilitás (HRV – Heart Rate Variability) megfelelően jelzi a szimpatikus és paraszimpatikus aktivitást és alkalmas a mentális stressz mérésére is. A rövid távú stresszhatásoknak kitett lovak stresszválasz-készségét korábban már tanulmányozták a lineáris HRV indexek segítségével.

A saját vizsgálatom célja a transzrektális ultrahang vizsgálat és a hozzá kapcsolódó események (kanca rögzítése a kalodában, rektális vizsgálat) stresszhatásának mérése. Nagyobb állományoknál kaloda segíti az ultrahangozási munkát, így saját kutatásomban ezen eszköz alkalmazásra került a résztvevő kancák vizsgálatánál.

2. A vizsgálat célja

A kutatási témát azért választottam, mert kancatulajdonosként és leendő lótenyésztőként a transzrektális ultrahang vizsgálatok kancák jóllétét érintő hatásairól közérthető formában nem találtam információt magyar nyelven. Angolul is korlátozott szakirodalom áll rendelkezésre. Céлом ezen hiányosságot alapul véve, az elérhető szakirodalom és a saját kutatásom révén az alkalmi és a rendszeres rektális tapintásos és ultrahang vizsgálatok tenyészkancákra gyakorolt hatását összegezni. Mindezt azért, hogy érthető legyen minden olvasó számára, hogy a rutinnak tekintett ultrahang vizsgálatok befolyásolják-e bármilyen szempontból az állatok jóllétét. Gyakori ugyanis, hogy a kancák egyrésze szemmel láthatóan jelzi a rektális vizsgálatok közben a diszkomfort valamennyi tünetét, és ez jónéhány kancánál olyan mértékű is lehet, hogy az adott kancán tapintásos rektális vizsgálatot végezni, illetve ultrahangozni komoly kihívást jelent. Néha veszélyessé is válhat a vizsgáló személy és a vizsgált kancára nézve, ilyen esetekben bódítás szükséges a vizsgáló személyzet és az állat biztonsága érdekében. Sokan ezen viselkedést elbagatellizálják, egyesek ignorálják, míg mások nevetlenségnek titulálják. Így, a szakdolgozatom célja egy teljes, átfogó tájékoztatást adni az igényes lótenyésztőknek, – akik akár magánszemélyként tenyésztenek csikót, akár nagyobb ménesek kancáival foglalkoznak, – hogy jobban megértsék állataikat, és az ultrahang használatával történő szaporodásbiológiai vizsgálatokat, valamint azok stresszre gyakorolt hatását.

További céloom megvizsgálni, hogy a kalodába beszoktatott nem vemhes és vemhes kancák transzrektális ultrahangozása esetén van-e jelentős eltérés a HRV-re gyakorolt hatásában. Hipotézisem szerint várható ilyen jellegű különbség.

3. Szakirodalmi áttekintés

3.1 A rektális ultrahang vizsgálat relevanciája kancák esetében

Ahhoz, hogy a rektális ultrahang vizsgálatokat megértsük, szükséges megérteni minimális mértékben az ultrahang készülék működését, használatának jelentőségét, illetve, hogy mit vizsgál pontosan az állatorvos.

3.1.1 Az ultrahang készülék működésének alapjai

Az ultrahang készüléket kezelő szakember láthatóvá teheti azon szerveket, amelyeket korábban, az ultrahang készülékek megjelenése előtt csak tapintani lehetett. Az ultrahang diagnosztika magas frekvenciájú hanghullámokat használ a kötőszövetekről és a belső szervekről való képalkotáshoz, az óceánok és tengerek alját feltérképező szonárokhoz hasonlóan. A hanghullámok forrása az ultrahang transzducer (vizsgálófej) része. Amikor a transzducer áram alatt van, az abban található piezoelektromoskristályoknak köszönhetően az érintkező szövetekben magas frekvenciájú akusztikus nyomáshullámok (hanghullámok) jelennek meg. A szövetekre jellemző az a tulajdonság, hogy vagy elnyelik, vagy visszatükrözik a hanghullámokat. A visszatükrözött vagy éppen elnyelt hang mértékét a transzducerben található ugyanazon piezoelektromos kristályok fogadják, majd átalakítják elektronikus impulzusokká (jelekké), és kijelzik az ultrahang készülék képernyőjén szürke pontok formájában. Tehát gyakorlatilag az így létrejött valós idejű mozgókép a hanghullámokról készített felvétel fényhullámokká alakított verziója (Pierson et al, 1988; Varshney, 2022).

Azt, hogy milyen mértékben sugározza vissza a hanghullámokat egy szövet, az adott szövet tulajdonságai határozzák meg. A visszatükröződés mértékét az ultrahang készülék a szürke árnyalataiban jeleníti meg, feketétől fehérig. A folyadékok (pl. tüsző-folyadék, sziktómló-folyadék, méhben felszaporodott folyadék) nem tükrözik vissza a hanghullámokat, vagyis echo-nélküliek, tehát a folyadékot tartalmazó struktúrák fekete színűek a felvételeken. A másik véglet, ha a nagyon tömör, sűrű szövetek (pl. csontok) nagy mennyiségű hangot vernek vissza, vagyis echo-dúsak. A többi szövet a szürke különböző árnyalataiban jelenik meg. (Ginther, 1986, Pierson et al. 1988; Stout 2002; Varshney, 2022).

Az ultrahang készülék felbontóképességét a kibocsátott hangok frekvenciája szabja meg. A magasabb frekvencia részletesebb képet ad egy kisebb területről, ezzel szemben az alacsonyabb frekvencia mélyebben hatol a szövetekbe és nagyobb területet fed le. Az ultrahang frekvenciák mértékegysége a megahertz (MHz; $1 \text{ MHz} = 1\,000\,000 \text{ hanghullám/sec}$). A transzducertől távolabb található, nagyobb képleteket pl. egy nagyméretű magzatot alacsonyabb frekvenciájú ultrahangozással lehet vizsgálni pl. transzabdominális

megközelítéssel (2.0-3.5 MHz – Pierson et al, 1988; 2.5-3.5 MHz – Stout, 2002). Magasabb frekvenciájú ultrahang használatával (5.0-7.5 MHz – Pierson et al, 1988; 5.0-8.0 MHz – Stout, 2002; 6.0-12.0 MHz – Varshney, 2022) a transzducerhez közel helyezkedő struktúrákat vizsgálhatunk magasabb felbontással, például a petefészkeket és a méhet, emiatt ez preferált a lovak és marhák nemi készülékének vizsgálatához (Ginther, 1986; Pierson et al, 1988; Ginther, 1995; Stout, 2002; Varshney, 2022).

Az ultrahang vizsgálatok napjainkban 3 módban történhetnek (Varshney, 2022). A B-mód, másnéven szürkeárnyaltos képalkotás, az angol 'brightness modality' kifejezés rövidítéséből származik (Pierson 1988). Ez a mód strukturális információt nyújt kétdimenziós képekben, különböző szürkeárnyalatokban, azaz különböző fényességi fokozatokban (Pierson et al, 1988; Ginther, 1995; Stout, 2002; Ginther, 2014; Varshney, 2022). Az M-mód rögzíti a visszatérő visszhangokat a B-mód képe egy vonalán, és azokat időtengelyen jeleníti meg (Varshney, 2022), és a magzati szívfrekvencia vizsgálatára is alkalmas (Baska-Vincze et al. 2015). A Doppler-módban a Doppler-effektus jelenség (frekvenciaváltozás az elküldött és a visszatérő visszhang között) kerül felhasználásra. A frekvenciaeltolódás a mozgó részecskékhez eljutó hanghullámokban keletkezik, és összefügg a mozgó részecskék sebességével és irányával, vagyis a Doppler-mód a véráramlás és a mozgó szövetek vizsgálatára alkalmazandó. A színes Doppler a véráramlás sebességének és irányának, valamint a kiválasztott kétdimenziós területen lévő szövetek mozgásának vizsgálatára szolgál (Ginther, 2014; Varshney, 2022; Yáñez et al. 2023). A Power Doppler a vérellátási sürgősségi esetek, például here- vagy petefészek-torzió vizsgálatára használatos. Ez a visszatérő frekvenciaeltolódásra összpontosít, és képes észlelni még nagyon alacsony áramlást is. A spektrális Doppler a magzati szív működés vagy a vemhesség alatt áthaladó nyitott erek működéséről ad képet (Varshney, 2022).

3.1.2 Kancákon végzett ultrahang vizsgálatok jelentősége

Az ultrahangozás előtt a leggyakoribb módszer a nagyállatok szaporodásbiológiai vizsgálatára a tapintásos rektális vizsgálat volt. A tapintásos vizsgálat tud információkat biztosítani a petefészkekről, és a vemhesség meglétéről, de az ultrahang vizsgálatok sokkal pontosabb információkkal szolgálnak a nemi ciklus során a sárgatestről (Yáñez et al, 2023) és a vemhesség meglétéről is jóval korábban adnak megbízható visszajelzést (Stout, 2002; Yáñez et al, 2023). Az ok, ami miatt a transzrektális ultrahangozás kancáknál kiemelten fontos, az az, hogy alkalmas a tüszőfejlődés jellemzésére, a méhnyálkahártya (*endometrium*) változásainak

megfigyelésére, a korai vemhességdiagnosztikára, a vemhesüléstől számított 55. és 60. nap körüli magzati ivar meghatározására a genitáliák ivarléceinek relatív helye alapján, és ami a legfontosabb, hogy lehetővé teszi a tüszőrepedés detektálását, illetve láthatóvá teszi az ovulációhoz vezető tüszőfejlődési folyamatot. A transzrektális ultrahangozásnak köszönhető felfedezések közül kiemelendő továbbá a kancákban: (1) az embrió mobilitása, ahogy a méh minden részére elvándorol a 12. és 16. nap között; (2) a *granulosa* fogazottá vagy egyenetlenné válása a tüszőrepedés helyével közvetlenül ellentétes irányban egyértelmű indikációja a közelgő ovulációnak (Stout, 2002; Ginther, 2014). Említettekén túl afedeztetést/termékenyítést követően kialakult méhgyulladás (*endometritis*) is láthatóvá válik, a méh üregébenfelgyülemlett gyulladásos tartalom mennyiségének detektálásával (Jeffcott – Whitwell, 1973; Stout, 2002). A vemhesség előrehaladtával a magzat fejét és a méhlepényt (*placentát*) is lehet vizsgálni, így a magzat életkora becsülhető és a *placentitis* is detektálható (Renaudin et al, 1997; Stout, 2002).

Több tanulmány is kiemeli azonban, hogy a lovak transzrektális ultrahang-diagnosztikájának köszönhető legnagyobb előny az ikervemhesség korai észlelése (Squires et al. 1994; Ginther – Griffin 1994; Stout, 2002; Ginther, 2014). Lovak esetében az ikervemhesség volt az egyik leggyakoribb ok a vetéléseknél (Jeffcott – Whitwell 1973; Squires et al. 1994; Ginther – Griffin 1994). A transzrektális ultrahangozással lehetővé vált az ikervemhesség normál vemhességgé történő redukálása. Az embriók pontos helyének megtalálása miatt lehetővé vált az egyik embrió manuális elnyomása az embrió mobilitási időszakban, annak érdekében, hogy egy utódnak megfelelő teret biztosítsanak a fejlődéshez (Stout 2002; Ginther, 2014).

Vincze (2015) szerint komoly gazdasági kárt okoznak a meg nem születendő csikók a lótulajdonosoknak. Ez részben annak köszönhető, hogy az embrionális és magzati mortalitás még mindig nagy számban figyelhető meg (Vincze, 2015). A korai embrionális veszteség felismerése arra is lehetőséget biztosít, hogy az adott szezonban a kancákat újra fedeztessék. A lótenyésztő szemszögéből amiatt, hogy a lótenyésztés is egy vállalkozás, kiemelt cél továbbá, hogy egy kanca a lehető legkevesebb próbálkozással termékenyüljön és körülbelül 11 hónappal később világra hozzon egy életképes csikót. Ez a tény még nagyobb jelentőséggel bír olyan fajták esetében, amelyeknél a mesterséges termékenyítés és az embriótranszfer nem megengedett, kizárólag a fedeztetés (lásd az angol telivéreknél). A ciklusonkénti egy fedeztetés másik, nem elhanyagolható előnye, hogy minimalizálja a kanca méhének bakteriális fertőzését is (Stout, 2002).

A vemhesség 5. hónapja után a magzat mérete miatt a transzrektális ultrahangvizsgálat korlátozottan használható, és csak a magzat cranialis (feji) vagy caudalis (farok felőli) részére terjed ki. A méhnyak és a magzati szívfrekvencia transzrektálisan a vemhesség végéig ellenőrizhető, ami segíti a magzat állapotának megítélését. A méh és a méhlepény együttes vastagsága (CTUP) fontos mutató a méhlepény állapotának vizsgálatában, amelyet főként a vemhesség középső szakaszától ellenőriznek a *placentalis* korai felismerése érdekében. A 7. hónaptól a CTUP és a méhnyak fokozott figyelmet igényel, mivel ekkor gyakoribbak a gyulladások és egyéb rendellenességek (Bucca et al. 2005).

3.2 A stressz mérésére alkalmas módszerek lovakban

3.2.1 A stressz jelentősége

Általánosságban, a stresszt egy egyednek a fiziológiai vagy pszichológiai épségére egy valós vagy feltételezett fenyegetésként lehet értelmezni (McEwen, 1999). A stresszor egy olyan inger, amely megzavarja a homeosztázist, vagyis stresszeli a szervezetet. A szervezet úgy reagál a stresszre, hogy a stresszhatás okozta változást megpróbálja korrigálni a belső egyensúly visszaállítása érdekében. Emiatt, a stresszreakció adaptív, és az élettel együtt jár (Selye, 1936). Ez a reakció szükséges a tanuláshoz és az adott helyzetben “megfelelő” viselkedés kifejlesztéséhez is. Ez a viselkedés általában a megküzdés, amely az inger típusára releváns. A viselkedés-problémákat és a stresszel összefüggésbe hozott rendellenességeket akkor észleljük, amikor a stresszel való megküzdés nem lehetséges (Rietmann et al. 2004).

A jólléti indikátorok/mutatók több megközelítésből próbálnak képet kapni az állatokkal való bánásmódról, amelyet az állatok kezelésére adott reakciójából következtetnek. Ezek a megközelítések magukba foglalják a viselkedés, fiziológiai és a fizikai állapot vizsgálatát. Például a természetellenes vagy kóros viselkedési formák vagy a fiziológiás stressz rendszerek működésében bekövetkező krónikus változások, az immunrendszer működésének megváltozása vagy szuppressziója, (mely a betegségekre való fogékonysággal és akár tartós károsodással is együtt járhat), azt jelzik, hogy az adott állat állatjólléti jogai sérültek (Bekoff, 2009).

A lovak általában nem tartoznak az élelmiszer-termelő állatok közé, így a lovak jóllétéről sokkal később kezdtek publikálni, a haszonállatok jóllétéről megjelenő publikációkhoz viszonyítva (Ille et al. 2014). Az állatjólléttel és a stresszel kapcsolatos rendellenességeket a lótulajdonosok és tenyésztők egyre gyakrabban ismerik fel. Azonban, ha ezen személyeknek a ló pszichológiájáról hiányos az ismerete, akkor gyakran megjelenhetnek olyan

rendellenességek, amelyek stresszhatáshoz kapcsolódnak. Ezen hiányosságok kiterjedhetnek a lovak elhelyezésére, takarmányozására, szállítására, a kovács és az állatorvos látogatásaival kapcsolatos teendőkre, amelyek ezáltal veszélyeztethetik a lovak egészségét és teljesítményét (Rietmann et al. 2004). A lovak, más zsákmányállatokhoz hasonlóan, gyakran elrejtik a fájdalom jeleit. Ahhoz, hogy bizonyítékokon alapuló döntéseket hozzassunk a különböző típusú reprodukciós technológiák negatív állatjólléti hatásairól és a fájdalomcsillapítás alkalmazásának lehetséges előnyeiről, olyan vizsgálatokra van szükség, amelyek a kellemetlenség, a fájdalom, a félelem és a stressz megbízható mérésére alkalmasak (Peeters et al. 2010).

A stresszreakciók felmérése nehéz, mivel különböző fiziológiai rendszerek vesznek részt (pl. neuroendokrin és kardiovaszkuláris), amelyek a szomatomotoros (viselkedési) stresszválaszban nyilvánulnak meg (Rietmann et al. 2004). Domesztikált állatokban azonban jónéhány élettani mutató alkalmazható az állatok stresszintjének meghatározására (Kovács et al. 2012).

A XX. század közepén kidolgozott standard stresszmodell a két neuroendokrinológiai tengely, a sympatho–adrenomedulláris tengely és a hipotalamusz–hipofízis–mellékvesekéreg tengely aktiválódását feltételezi. A szimpatikus idegrendszer hosszú távú aktiválódása, valamint a krónikusan magas vagy alacsony mellékvesekéreg-funkciók károsak a szervezetre nézve (Keeling – Jensen, 2002, Rietmann et al. 2004). A stresszhelyzetek a mellékvesekéreg funkcióinak egyensúlyhiányához vezethetnek, ami a hipotalamusz-hipofízis-mellékvese tengely aktiválásán keresztül növeli a glükokortikoid-szintet (Keeling – Jensen, 2002).

A glükokortikoidok különböző szinteken negatívan befolyásolhatják a reprodukzív funkciókat, beleértve a hipotalamuszt, az agyalapi mirigyet, a petefészkeket és a méhet. Ezt a hatást több háziállat fajnál is megfigyelték (Daley et al. 1999; Macfarlane et al. 2000; Mann, 2001). A lótenyésztés során a kancák számos stresszorral szembesülnek, közülük csak néhányat kiemelve: az ismételt szaporodásbiológiai vizsgálatok vagy más állatorvosi beavatkozások, ismeretlen személyek általi kezelés, transzportálás, környezetváltozás, a szociális kapcsolatok elvesztése (Schönbom et al. 2015). Ezen körülmények mindegyike növelheti a glükokortikoidszintet. A glükokortikoid szintjének növekedése a vérplazmában a gonadotróp hormonok elválasztását csökkentheti, és a szaporodási folyamatok megzavarását eredményezheti (AboEl-Maaty, 2011; Malschitzky et al. 2015).

A kortizol a lovak által legnagyobb mennyiségben termelt glükokortikoid. A vér és bizonyos mértékig a nyál kortizol minták elsősorban az akut stresszt mutatják, míg a nyál, szőr és a széklet kortizol a krónikus stresszt. A kortizol tehát a pszichológiai és a fiziológiai stressz

bioindikátoraként egyaránt szolgál. Ennek fényében támogatja a stresszel kapcsolatos állapotok felismerését és megelőzését (Terlouw et al. 1997; Sikorska et al. 2023).

A kortizol vizsgálatoknak azonban több hibája is van (Kovács et al. 2012). A vérből történő mintavételezéshez szükséges az ismételt vénapunkció. Ez önmagában is okoz stresszreakciókat. Ezt ki lehet küszöbölni nyál és a széklet kortizolszintjének elemzésével, mert az nem invazív módszert biztosít a stressz értékelésére lovaknál (Berghold et al. 2007; Schönboom et al. 2015).

A vérplazma kortizol tartalma magába foglalja a kötött inaktív és a szabad formában jelen lévő aktív kortizol frakciókat, ezzel szemben a nyál kortizol a nem kötött, biológiailag aktív kortizol frakció egy részét képviseli (Schönboom et al. 2015; Diego et al. 2016). A szabad kortizolszint mérése általában azért is relevánsabb, mint az összkortizolszint felmérése, mert a stressz elsősorban a szabad kortizolszintet emeli meg. Fontos felismerni azonban, hogy a nyálkortizol passzívan diffundál a nyálmirigyekbe, így a nyálkortizol-koncentráció késleltetett növekedést mutathat (Kovács et al. 2012; Diego et al. 2016).

A kortizolmérést használó vizsgálatokkal kapcsolatban a szakirodalmak is megoszlanak a nyál és a plazma kortizol közötti kapcsolatra vonatkozóan állatokban. Néhány kutatás korrelációt jelez a tejelő szarvasmarhákban a nyál- és plazmakortizol szintek között (Kovács et al. 2012; Hernandez et al. 2014). Mások azonban lovaknál csak korlátozott kölcsönhatásokról számoltak be (Bohák et al. 2013).

Lovaknál kiemelendő továbbá, hogy a plazma kortizol szintjében megfigyelhetőek cirkadián eltérések. Ez azt jelenti, hogy a plazma kortizol koncentrációja szignifikánsan alacsonyabb este, mint reggel, azonban ez a fekális kortizol mintavételezés adataival jelentős korrelációt mutat (Pawluski et al. 2017).

A kortizolméréssel ráadásul nem volt lehetőség folyamatos és hosszú távú mérésekre. A kétezres években rájöttek, hogy van azonban lehetőség más, szintén elsősorban nem invazív módon történő folyamatos és a hosszú távú stresszint mérésekre a HRV vizsgálatával. (Kovács et al. 2012).

3.2.2. A szívritmus variabilitás (HRV) bemutatása, mérési módszerei

A HRV az angol Heart Rate Variability kifejezés rövidítése, amelyet a magyar szakirodalomban szívfrekvencia-variabilitás, vagy szívfrekvencia-változékonyság, esetleg szívritmus-változékonyság néven találunk meg (Kovács et al. 2012; Balog, 2014; Vincze, 2015; Hoffmann, 2015; Csepeli, 2017; Nyerges-Bohák et al. 2020). A szívfrekvencia (HR – Heart

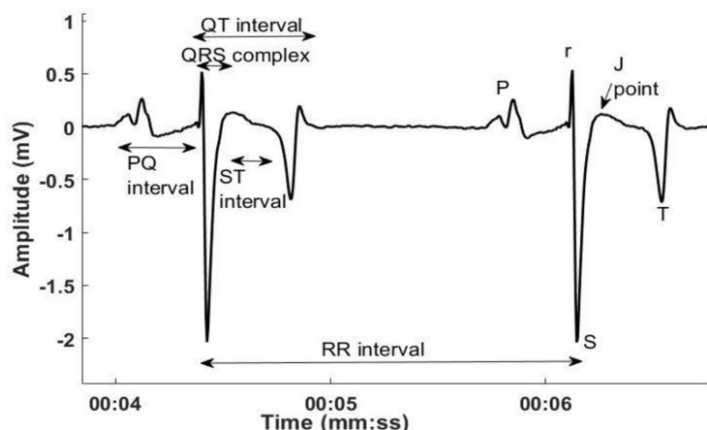
Rate), másnéven a szívritmus vagy pulzusszám a percenkénti szívverések számát jelenti (Csepeli, 2017). A szívfrekvencia-változékonyság az a törvényszerű jelenség, amelynél a szívverések között eltelt idő (IBI – inter-beat-intervals) nem egyforma hosszúságú, hanem folyamatosan változik. A szívfrekvenciára kihatással van az idegrendszer és a hormonrendszer is, ezért az RR-intervallumok egy egészséges állatban sem szabályosak (von Borell et al. 2007; Nagel et al. 2011). A HRV elemzése során fontos ezt az összefüggést is megemlíteni, hogy a légzés és a szívfrekvencia is befolyásolja a HRV-t. Megfigyelhető ugyanis, hogy a HR belégzéskor emelkedik, kilégzéskor pedig csökken (Nyerges-Bohák et al. 2020; Tiwari et al. 2021). A szív ingerületképző központját, a szinuszcsomót szimpatikus idegek idegezik be, amelyek növelhetik a HR értékét (Bucsi, 1998; Rietmann et al. 2004). Azonban a szívfrekvenciát a bolygóideg (n. vagus, egy efferens paraszimpatikus ideg) lassíthatja, ezáltal növelheti az egymást követő ütemek és a szimpatikus idegek közötti variabilitást. A HR növekedésére azonban a legtöbb esetben a két ágban egyidejűleg bekövetkezett ellentétes változás ad magyarázatot (von Borell et al. 2007; Hoffmann, 2015). Az egészséges szívműködés magas HRV-vel jár együtt. Általában az alacsony HRV és a csökkent paraszimpatikus aktivitás stresszhez, testmozgáshoz, izgalomhoz vagy kóros állapotokhoz társul (Stucke et al. 2015).

Lovaknál a HRV mérésének jó az ismételhetősége és a megbízhatósága (Van Vollenhoven et al. 2017). Ennél a fajnál a HRV mérésére napjainkban többféle lehetőség van. Az egyik módszer az elektrokardiográfok által rögzített EKG (elektrokardiogram) vizsgálata. A másik módszer az EKG-re csak részben alapozó hordozható pulzusmérő érzékelők (Heart Rate Monitor – HRM) használata (von Borell et al. 2007).

Az összehúzódó szívizomzat működése során minden esetben keletkezik elektromos áram. Az élő szövetek jól vezetik az elektromosságot, emiatt a bőrfelületről is van lehetőség a szívben kialakult feszültségváltozás megjelenítésére. A feszültségváltozást elektródákkal mérik, és grafikus módon jelenítik meg. Ez a grafikus ábrázolás az elektrokardiogram (EKG) (Gál, 2017). Az EKG jelek különböző hullámokat (P,Q,R,S,T) jelenítenek meg a szív depolarizálódása és repolarizálódása során (Csepeli, 2017; Nayak et al. 2023). Ezt az 1. ábra mutatja be.

1. ábra: Az egészséges ló EKG részei.

Forrás: Van Steenkiste et al. 2020



A pontos EKG-felvételekhez lovak esetében általában mellkasi elvezetési rendszert használnak. Az elektródákat géllal helyezik fel, és hevederrel tartják a helyén (Bowen, 2010; Stucke et al. 2015).

Az elektrokardiogram jelek közül az egymást követő R-hullámok csúcsai közötti távolság (RR-intervallumok) mérésével lehetőséget kapunk az RR-intervallumok, ezáltal a HRV jellemzőinek értékelésére (Von Borell et al. 2007). Az R-hullám az EKG-ben a QRS-komplexumok csúcsa, a szív kamrai depolarizációját jelenti (Csepeli, 2017).

A lovakban hordozható, általában ún. *Holter* rendszerű EKG készülékeket alkalmaznak a kutatásokhoz, hogy a teljes EKG értékeléséből következtessenek a HRV-re (Balog, 2015; Vincze 2015; Csepeli 2017). A *Holter* rendszerű EKG készülékeknek köszönhetően azonban mind az anyakanca, mind a magzat szívritmusát (HR) és a szívritmus változékonyságot (HRV) vezeték nélküli kapcsolattal mobiltelefonon vagy számítógépen nyomon lehet követni, és ezen adatok később részletesen elemezhetők (Vincze, 2015; Csepeli, 2017).

Nagyjából a kétezres évek közepétől kezdték el a HRM-ek pontosságát összehasonlítani a *Holter* rendszerű EKG készülékekkel. Ezeket alkalmazzák mind a HR, mind a HRV mérésére (Kaptein et al. 2022). A HRM-eket eredetileg humán sportolóknak, valamint sportorvosi kutatásokhoz fejlesztették ki. Ezek az eszközök a teljes EKG helyett csak az RR-intervallumokat (másnéven IBI – inter-beat-interval) rögzítik (von Borell et al. 2007). Ezeket a készülékeket állatokon, köztük lovakon való használatra adaptálták (Ille et al. 2014).

A lovas szakirodalomban a vélemény megoszlik ezen eszközök használatáról. A lovakat illetően ugyanis a tanulmányokban többféle HRM került felhasználásra (Kaptein et al. 2022). A HRM készülékek általában könnyebben kezelhetők és kényelmesebbek az állatok számára, mint az EKG-feltevő rendszerek (Ille et al. 2014). Továbbá, a HRM-ek költségkímélőek és felhasználóbarátok az EKG rendszerrel szemben (Kaptein et al. 2022). Egy régebbi áttekintés

szerint a HRV-t értékelő tanulmányok többségében EKG-t használtak, de kisebb számban használtak HRM-et (Von Borell et al. 2007). Jónéhány kutatásban a Polar HRM-eket alkalmazták (Rietmann et al. 2004; Von Borell et al. 2007; Parker et al. 2010; Ille et al. 2014; Nagel et al. 2015; Stucke et al. 2015; Ille et al. 2016; Van Vollenhoven et al. 2017; Lenoir et al. 2017; Bohák et al. 2018; Nyerges-Bohák et al. 2020; Frippiat et al. 2021; Kapteijn et al. 2022; Stachurska et al. 2023; Nyerges-Bohák et al. 2024).

A fentebb említett kutatások nagyrésze azonban megemlíti, hogy a Polar HRM-ek által rögzített adatok gyakran úgynevezett artefakt korrekcióra szorulnak. Ezek az artefaktok a mérések kapcsán felmerülő műtermékek, amelyek az RR-intervallumok helytelen érzékeléséből erednek. Akkor szoktak keletkezni, ha az elektróda és a bőr között rossz a vezetőképesség, például, ha az állat mozog és az elektródák elvesztik a gél fedettséget (Von Borell et al. 2007; Parker et al. 2010). Az is előfordulhat, hogy a HRM vagy a HRM jellevő készülék meghibásodik, vagy az elektródák közelében valamilyen környezeti elektromágneses interferencia lép fel (Von Borell et al. 2007). Néhány tanulmány azt is megemlíti, hogy a jelhibák abból is eredhetnek, hogy a lovak T-hullámai jóval kifejezettebbek, így lehetséges, hogy ezeket összetévesztik az R-hullám csúcsaival a HRM-ek (Van Steenkiste et al. 2020; Kapteijn et al. 2022). Ezeknek a korrigálására van lehetőség a HRV elemzésre használt Kubios HRV szoftverben (Biomedical Signal Analysis Group, Department of Applied Physics University of Kuopio, Finnország) az eredmények kiértékelése előtt. (Schmidt et al. 2010).

Ille és munkatársai (2014) validáltak egy Polar HRM-et boksban álló lovak esetében. Nem álló lovaknál azonban több tanulmány is kijelenti, hogy a HRM-mérések jelentősen eltérhetnek az EKG-mérésektől (Parker et al. 2010; Stucke et al. 2015). Egy újabb tanulmány jó megbízhatóságot mutatott ki a HRV paraméterek tekintetében a HRM és az EKG között edző lovaknál (Frippiat et al. 2021). Egy másik, újabb validáló kutatás szerint a Polar H10 érzékelője (a Polar legújabb típusú HRM-je) azonban mozgó lovakon is kiváló megbízhatóságú adatokkal szolgál, a szoftveres elemzésnél az artefaktok kiszűrésére alkalmazott erős filter alkalmazása esetén. Így tehát a mozgó lovakon végzett tanulmányokhoz képest a pontosságbeli különbségek valószínűleg a technológia fejlődésének, például a továbbfejlesztett elektródák és szenzorok kifejlesztésének köszönhetőek (Kapteijn et al. 2022).

3.2.3 A HRV vizsgálata

Az EKG által rögzített RR-intervallumok közötti távolságot nem csak hosszúságban megadva, hanem időben (ms – millisecondum) is ki lehet fejezni. Ezt használják a HRV

különböző paramétereinek elemzéséhez (Nyerges-Bohák et al. 2020). Az 1. táblázat a HRV elemzésére szolgáló módszereket és mutatókat foglalja össze.

1.táblázat: A HRV elemzési módszerek és legfontosabb paraméterek összefoglalása.

Forrás: saját munka, Nyerges-Bohák et al. (2020) nyomán, kiegészítve.

HRV index	Mértékegység	Leírás	Értékének élettani jelentősége
Időtartomány alapú elemzés (Time Domain analysis)			
Mean RR	ms (milliszekundum)	Az RR-intervallumok átlaga	csökken szimpatikus idegrendszeri behatásra, nő a paraszimpatikus aktivitás fokozódására
SDRR	ms (milliszekundum)	Az egymás utáni RR-intervallumok szórása	Az autonóm idegrendszer teljes aktivitását tükrözi (HRV)
SDNN	ms (millisecundum)	A normális R-R intervallumok szórása	Az autonóm idegrendszer teljes aktivitását tükrözi (HRV)
Mean HR	1/perc	a szívfrekvencia átlaga	szimpatikus hatásra nő
SDHR	1/perc	a szívfrekvencia szórása	szimpatikus hatásra csökken az értéke
RMSSD	ms (milliszekundum)	A szomszédos RR-intervallumok különbségének effektív értéke	A vagus tónus csökkenő aktivitásával csökken az értéke
pNN50	%	Azon RR-intervallumok százalékos aránya a vizsgált szakaszon, amelyek > 50 ms-mal különböznek az előzőtől	Paraszimpatikus aktivitást jelez
Frekvencia tartomány alapú elemzés (Frequency Domain analysis)			
TP	ms ²	összteljesítmény	Az autonóm idegrendszer teljes aktivitását tükrözi (HRV)
LF	ms ²	Alacsony frekvenciás tartomány (LF = 0,01 - 0,07 Hz)	Vegyes szimpatikus, és paraszimpatikus szabályozást tükröz
LF nu	n.u. (normalized unit)	Alacsony frekvenciás teljesítmény normalizált értéke (LF / (TP - VLF) x 100)	Vegyes szimpatikus, és paraszimpatikus szabályozást tükröz
HF	ms ²	Magas frekvenciás tartomány (HF = 0,07 - 0,6 Hz)	Paraszimpatikus szabályozást tükröz
HF nu	n.u. (normalized unit)	Magas frekvenciás teljesítmény normalizált értéke (HF / (TP - VLF) x 100)	Paraszimpatikus szabályozást tükröz
LF/HF	arány	Az LF és HF aránya	Szimpatovagális egyensúly mutatója
Geometriai alapú elemzés (nemlineáris elemzés, nonlinear analysis)			
SD1	A pillanatnyi RR-változékonyság szórását fejezi ki		Paraszimpatikus szabályozást tükröz
SD2	A hosszútávú RR-változékonyság szórását fejezi ki		Vegyes szimpatikus, és paraszimpatikus szabályozást tükröz
SD1/SD2	Az SD1 és SD2 aránya		Szimpatovagális egyensúly mutatója

A kutatásokban hagyományosan használt HRV-paramétereket három fő módszertani megközelítésből tudják elemezni. Az egyik megközelítés az időbeli különbségek alapján történő elemzés (időtartományban végzett elemzés – *time domain* analízis). A másik módszer

az RR-távolságok különbségeinek teljesítménybeli eloszlásának elemzése (spektrális vagy másnéven frekvenciatartományban végzett elemzés – *power-spektrum domain* analízis). A harmadik módszer a lovak vizsgálatánál a legkevésbé elterjedt, úgynevezett nemlineáris vagy geometrikus elemzés (von Borell et al. 2007, Stucke et al. 2015; Shaffer – Ginsberg, 2017; Nyerges-Bohák et al. 2020). Az idő- és frekvenciatartománybeli megközelítésekben kapott HRV-jellemzők a lineáris HRV-jellemzők (Tiwari et al. 2021; Kumar et al. 2023).

A HRV-mutatókat élettani szempontból is lehet vizsgálni, attól függően, hogy az adott egyed HRV-je mekkora felbontásban (időtartamban) érdekli a vizsgáló személyt. Ez azt jelenti, hogy lehetőség van pillanatnyi, cirkadián és az össz-HRV leírására ebből a szemszögből. A pillanatnyi elemzés leggyakrabban öt perces intervallumot vizsgál, ami az egyed egy adott szituációra alkalmazott belső válaszát tükrözi. A HRV cirkadián ritmusa, a kortizol cirkadián változásaihoz hasonlóan, a HRV 24 óra alatt lezajló élettani ingadozását írja le. Az össz-HRV az adott egyed általános állapotának mutatója, melyet általában egy hét mérései alapján kiszámolt átlagokból következtetnek ki (Nyerges-Bohák et al. 2020).

Az RR-intervallumok távolságait általában időtartomány alapú paraméterekkel fejezik ki (Vincze, 2015). A HRV időtartomány alapú indexei számszerűsítik a vizsgált periódusok során megfigyelt szívfrekvencia változékonyság mennyiségét (Vincze, 2015; Shaffer – Ginsberg, 2017). Ezen típusú vizsgálatnál kevesebb, mint 1 perctől 24 óráig terjedő méréseket lehet elemezni. Az időtartománybeli HRV mutatók közé tartozik az mIBI (=mRR), SDNN, SDRR, SDANN, SDNN_{index}, RMSSD, NN50, pNN50, HR Max – HR Min, a HRV háromszög index (HTI) és a TINN (Shaffer – Ginsberg, 2017). Az időalapú analízis mutatói közül az mRR, SDNN, SDANN és az SDNN_{index} a szív működés hosszú távú változásait jeleníti meg, ezen mutatókat a paraszimpatikus és a szimpatikus idegrendszer is befolyásolja. A szomszédos szívverésekből következtethető HRV mutatók az RMSSD, az NN50 és a pNN50 (Stucke et al. 2015). Ezek közül különösen az RMSSD értéke tükrözi a nagy gyakoriságú IBI változásokat. Ez amiatt van, hogy a paraszimpatikus rendszer gyorsabban reagál a változásokra, mint a szimpatikus idegrendszer (Von Borell et al. 2007; Stucke et al. 2015).

Az időbeli különbségek kifejezésére alkalmazott legegyszerűbb paraméter az egyes szív ciklus hosszak átlaga (mRR – mean RR), önmagában azonban nem tartalmaz elegendő információt (Apor et al. 2009).

Az SDNN (*Standard Deviation of Normal-Normal intervals*) a normális RR-intervallumok átlagos eltérését kifejező érték. A „normális” azt jelenti, hogy azokat a rendellenes RR-csúcsokat nem tartalmazza, amelyek a szinuszcsonomón kívül keletkeztek (ektópiás ütések). Az SDRR (*Standard Deviation of RR intervals*) az összes RR-intervallum

átlagos eltérését fejezi ki, vagyis ez a mutató tartalmazza az előbb említett ektópiás ütések is (Shaffer – Ginsberg, 2017).

Az RMSSD (*Root Mean Square of Successive Differences*) a szomszédos szívütések között eltelt idő különbségének négyzetgyöke, vagyis az RMSSD tükrözi a HR ütésről ütésre történő eltérését. Ez az elsődleges időtartománybeli mérőszám, amelyet a HRV-ben tükröződő bolygóideg által közvetített változások becslésére használnak. A bolygóideg hatása (vagális hatás) nagyobb szívritmus-változékonyságot eredményez (Vincze, 2015; Shaffer – Ginsberg, 2017). Az RMSSD hagyományos minimális elemzési ideje 5 perc, bár bizonyos kutatások akár az 1 perces elemzést is ajánlják (Stucke et al. 2015; Shaffer – Ginsberg, 2017). Az SDRR és a RMSSD, amely tud visszajelzést adni az állatok jóllétéről, és a mentális stressz mérésére alkalmas (Kovács et al. 2012; Ille et al. 2014).

A pNN50 mutató azt fejezi ki százalékban megadva, hogy az összes RR-intervallumhoz képest mennyi RR-intervallum lépte túl az 50 ms időtartamot. Ezen érték növekedése a paraszimpatikus idegrendszeri befolyás növekedésével arányos (Nyerges-Bohák et al. 2020).

Az időtartománybeli paraméterek elemzése egyszerű, de általában nem elégséges ahhoz, hogy a szimpatiko-vagális egyensúlyra vonatkozó kijelentéseket tegyünk. A HRV frekvenciatartomány alapú elemzése ezzel szemben alkalmas a vagális hatások értékelésére és a szimpatikus aktivitásra való következtetésre (Stucke et al. 2015).

A frekvenciatartomány alapú (*Frequency-domain*) vagy spektrális elemzés a neuroendokrin hatásokat igyekszik elválasztani egymástól (Csepeli, 2017). A HRV-t a szív több különböző mintázata (oszcilláció) alkotja. Ezen elemzés során becsülik az oszcilláló jel jellemzőit (frekvenciában és teljesítményben megadva). Ehhez az úgynevezett teljesítmény spektrális sűrűséget használják (PSD – Power Spectral Density). A PSD becslésének egyik módja az adatok időtartományból frekvenciatartományba való átalakítása egy matematikai művelettel, a gyors Fourier-transzformációval (FFT – Fast Fourier Transformation) (Stucke et al. 2015). Ezeket az oszcilláló jeleket még az 1990-es évek közepén különböző frekvenciatartományokba sorolták. A spektrális módszer megmutatja, hogy az oszcilláló jelek hány százaléka kerül a meghatározott frekvencia tartományokba (Stucke et al. 2015; Shaffer – Ginsberg, 2017). Ez négy frekvenciatartományt különböztet meg: magas frekvenciás (HF – High Frequency), alacsony frekvenciás (LF – Low Frequency), nagyon alacsony frekvenciás (VLF – Very Low Frequency), illetve ultraalacsony frekvenciás (ULF – Ultra Low Frequency) tartományokat (Apor et al. 2009; Shaffer – Ginsberg, 2017; Tiwari et al. 2021). Állatokban csak az előbbi három tartományt vizsgálják általánosságban, és elsősorban a rövidtávú mérések esetén, ugyanis hosszú távú méréseknél ez a módszer kevésbé megbízható (Stucke et al. 2015).

Ezek a tartományok fajra jellemzőek, és még a fajon belül az életkor is befolyásolja ezen paramétereket. Lovak esetében például a HF tartomány csikóknál 0.25-0.33 Hz, míg kifejlett állatoknál 0.13-0.26 Hz (Von Borell et al. 2007). A stresszint mérésére a legrelevánsabb mutatók az LF, HF és LF/HF arány (Kovács et al. 2014).

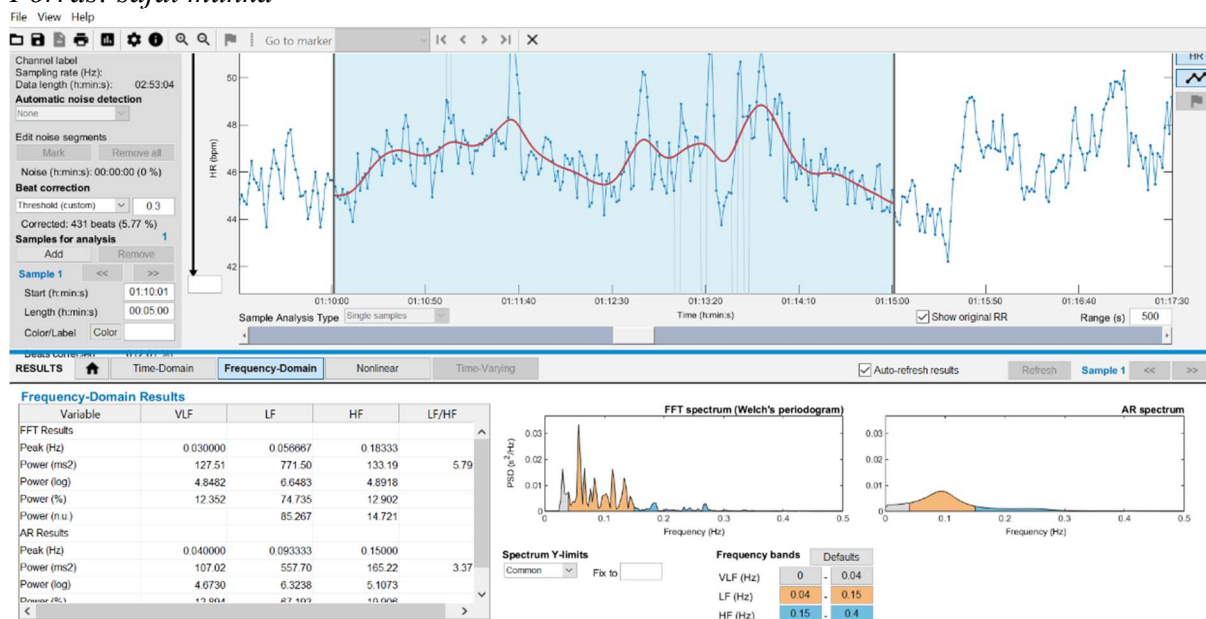
Az LF és HF mutatók megadhatók teljesítményben, ekkor mértékegységük milliszekundum négyzet (ms^2), illetve megadhatók normalizált értékben (normalized units), az összteljesítmény százalékában. Az LF mutató vegyes vegetatív szabályozást tükröz, a HF mutató azonban csak paraszimpatikus hatásra növekszik, így mindkettő mutató releváns a stressz méréséhez (Von Borell et al. 2007, Kovács et al. 2014).

Az LF/HF arány a vegetatív idegrendszer egyensúlyának, illetve a szimpatikus aktivitás mutatója. Az állatot érő rövidebb-hosszabb stressz esetén a HF értékének csökkenésével az LF/HF arány nő (Kovács et al. 2012; Kovács et al. 2014). A teljes teljesítmény vagy összteljesítmény (Total Power) is használt mutató (Apor et al. 2009).

A spektrális elemzést a Kubios szoftverben a 2. ábra mutatja be.

2. ábra: Spektrális elemzés a Kubios szoftverben.

Forrás: saját munka



A nem-lineáris, azaz geometrikus elemzésnél az IBI sorozatát átalakítják geometriai formákba, és a HRV analízist ezekből nyerik ki. Bizonyos geometriai mérések az IBI-k sűrűség eloszláson alapulnak, ahol az IBI-ket átalakítják egy skálává. Talán a legismertebb azonban a Poincaré-plot (P-térkép), mely gyakorlatilag egy térkép, amelyet pontok alkotnak, és ezt egy koordináta rendszerhez hasonló diagramban ábrázolják. Minden pont egy adott IBI és az azt megelőző IBI időtartamát jelöli. Ez elemezhető kvantitatív és kvalitatív módon is. Kvantitatív elemzésnél egy ellipszist illesztenek a grafikonra, úgy, hogy az ellipszis közepe egybeessen a

szórt diagram középpontjával. Az így kapott diagramból a két legfontosabb kinyerhető adat az SD1 és az SD2 (*Standard Deviation 1 and 2*) (Von Borell et al. 2007). Az SD1 az egyes pontok távolságának szórása az $y = x$ függvényről, azaz a P-térkép ellipszis szélessége. Az SD2 az egyes pontok szórása az $y = x + (\text{NN intervallumok átlaga})$ függvényről, vagyis ez pedig a P-térkép ellipszis hossza. Az SD1 a HRV rövidtávú, instant ingadozásainak mutatója és paraszimpatikus szabályozásról ad visszajelzést. Az SD2 pedig a hosszútávú változékonyságot jellemzi, vegyes vegetatív szabályozás indikátora. Az SD1/SD2 arány ezáltal válik a szimpatovagális egyensúly mutatójává (Von Borell et al. 2007; Nyerges-Bohák et al. 2020).

3.3 A tudomány jelen állása a rektális vizsgálat stresszhatásairól és annak következményeiről

Az elmúlt évek kutatásai azt mutatják, hogy a HRV jelentős betekintést nyújthat az állatok jóllétébe és egészségi állapotába. Kiemelkedő módszerré vált a tejelő szarvasmarhák állatjóllétének értékelésében, olyan témákra összpontosítva, mint a gazdálkodási gyakorlatokból eredő stressz, a betegségekkel kapcsolatos stressz, az állatorvosi eljárások során fellépő stressz, a fejés, a félelmetes helyzetekre adott válaszok, mint az elválasztás és az elkülönítés (Mohr et al. 2002; Hagen et al. 2005; Neuffer, 2006; Gygax et al. 2008; Konold et al. 2011; Kovács et al. 2012, Kézér et al. 2015). Alkalmazták a teheneknél a rektális vizsgálatok hatásának mérésére is (Kovács et al. 2014; Kovács et al. 2016).

Kovács és munkatársai (2014) a tapintásos vizsgálatnál a laktáló és nem laktáló (szárazon álló) tehenek HR, RMSSD és HF értékeit elemezték. A vizsgálat a laktáció első harmadában általánosan használt a vemhesség megállapítására, míg a szárazonálló tehenek nincsenek kitéve rendszeres állatorvosi vizsgálatoknak. A vizsgálat során a HR változásai hasonló mintázatot mutattak a laktáló és a nem laktáló teheneknél. A vizsgálatot előkészítő időszakban egyik csoportban sem változott szignifikánsan a HR. A rektális vizsgálat alatt viszont mindkét csoportnál jelentősen megemelkedett, majd az első 5 percben visszaesett, és fokozatosan normalizálódott. Bár az alap- és maximális szívfrekvencia magasabb volt a laktáló teheneknél, a HR ingadozásának mértéke nem különbözött jelentősen a két csoport között. Az RMSSD-t vizsgálva, a vizsgálat előtti időszakban nem volt jelentős változás egyik csoportban sem. Az RMSSD kezdeti szintje a laktáló teheneknél alacsonyabb volt, mint a nem laktálóknál. A rektális vizsgálat alatt mindkét csoportnál csökkent az RMSSD, ami a paraszimpatikus idegrendszer aktivitásának hirtelen csökkenését jelezte. A vizsgálat utáni első 5 percben az RMSSD mindkét csoportban jelentősen meghaladta az alapértéket, és a növekedés mértéke

nagyobb volt a nem laktálóknál. A laktáló teheneknél hosszabb idő kellett az RMSSD alapértékre való visszatéréséhez. A magas frekvenciájú (HF) komponens az alapállapotban alacsonyabb volt a laktáló teheneknél, mint a nem laktálóknál. A rektális vizsgálat alatt a HF érték mindkét csoportnál csökkent. A szárazon álló teheneknél a HF értéke magasabb maximumot ért el a rektális vizsgálat utáni első 5 percben, és nagyobb mértékben változott, míg a laktáló teheneknél hosszabb időbe telt, hogy a HF értéke visszaálljon az alapértékre. Összességében a laktáló tehenek lassabban reagáltak a stresszhelyzetre, és hosszabb időbe telt számukra a vegetatív egyensúly helyreállítása (Kovács et al. 2014).

Szintén Kovács és munkatársai (2016) vizsgálták szárazon álló tehenek nyálkortizol, plazma kortizol szintjét, továbbá a HR-t és a HRV paraméterek közül az RMSSD, HF és az LF/HF arányt a rektális tapintásos vizsgálatoknál. Ennél a kutatásnál az állatokat a HRM-ek felhelyezésére adott viselkedési reakciójuk alapján választották ki, így a csoportokat a legérzékenyebb (legnagyobb pánikot mutató állatot), illetve a legkevésbé érzékeny állatok alkották. Azt találták, hogy mindkét csoport nyálkortizol és plazma kortizol szintjének csúcsa közvetlenül a rektális tapintásos vizsgálat után következett be. A vizsgálatot követően az érzékenyebb teheneknél magasabb plazma- és nyálkortizol szintek, valamint erősebb kortizol válasz jelentkezett a kevésbé érzékenyekhez képest. A HR alapértékeknél az érzékenyek csoportja magasabb HR-rel rendelkezett, mint a nyugodtabb állatok, azonban a HR maximum értékei és a rektális vizsgálatra adott HR növekedés amplitúdója nem különbözött a két csoportnál. Az RMSSD és HF alapértékek nem különböztek jelentősen a két csoportnál. Az RMSSD és a HF értékeknél bekövetkezett változások hasonlóak voltak a csoportoknál a HRV rögzítés időtartama alatt (vizsgálat előtt nagyjából 1 óra 45 perctől, vizsgálat utáni 120. percgig, amely alatt történtek a vér és nyál mintavételek). Mindkét paraméter értéke minden csoportnál szignifikánsan csökkent a vizsgálat alatt, komoly stresszt jelezve. A vizsgálatokat követő 5. percben azonban mindkét csoportban jelentősen a vizsgálat előtti alapértékeket meghaladóan, a maximumig növekedtek az RMSSD és HF értékek. Az RMSSD 10 perccel a vizsgálatot követően csökkent a 20. percgig, majd fokozatosan visszatért a 60. percre az alapértékekre. A HF értékek a vizsgálatokat követően szintén a 60. percre normalizálódtak, a két csoport között azzal a különbséggel, hogy a reaktívabb állatoknál az alapértékek felé növekvő trend 5 perccel későbbtől volt megfigyelhető, mint a nyugodtabb jószágoknál. Az LF/HF arány mindkét csoportban gyorsan és jelentősen növekedett a vizsgálatok hatására, fokozott szimpatikus aktivitást jelezve. A vizsgálatokat követő első 5 percben drasztikusan csökkentek ezen paraméter értékei, az alapértékek alá. A vizsgálatot követő 10. perctől az RR-intervallumok

rögzítésének végéig az alapértékektől statisztikailag nem tapasztaltak eltérést (Kovács et al. 2016).

A HRV-t lovakban különböző körülményekkel kapcsolatban vizsgálták, mint például az agresszív kezelés, az istállózási gyakorlat, a lószállítás, a kiképzés és sportteljesítmény, a rehabilitáció, valamint a fájdalommal vagy betegséggel kapcsolatos stressz (Rietmann et al. 2004; Schmidt et al. 2010; Malschitzky et al. 2015; Lenoir et al. 2017; Csepeli, 2017; Nyerges-Bohák et al. 2020; Kapteijn et al. 2022; Nyerges-Bohák et al. 2024).

Lovak szaporodásbiológiájával kapcsolatban a reprodukív státusz, a szaporodásbiológiai gondozás részét képező állatorvosi eljárások, vagy az egyéb jelentős események, mint a csikókor és az elválasztás hatását vizsgálták a szívritmus variabilitásra (Berghold et al. 2007; Nagel et al. 2010, Erber et al. 2012, Schönborn et al. 2015; Ille et al. 2016; Stachurska et al. 2023). Ezenkívül a HRV-t tanulmányokban használták fel a lovak stresszreakcióinak felmérésére olyan eljárások során, mint például az állatorvostanhallgatók által végzett reprodukív traktus transzrektális tapintásos vizsgálat (Schönborn et al. 2015; van Vollenhoven et al. 2017), illetőleg gyakorlott állatorvosok által végzett tapintásos és ultrahang vizsgálat (Ille et al. 2016).

Berghold és munkatársai (2007) azt vizsgálták, hogy a mesterséges termékenyítés és a mesterséges termékenyítéssel járó intenzív szaporodásbiológiai menedzsment együttesen (rektális tapintásos vizsgálat, rektális ultrahang vizsgálatok, hüvely-vizsgálat) milyen hatással van a kancák különböző csoportjaira. Vizsgálataikhoz különböző fajtájú és korú kancákat vizsgáltak. A kancák mindegyikét ugyanazon termékenyítési központba szállították, hogy fagyasztott, hűtött vagy friss spermával mesterségesen termékenyítsék őket. A kancákat 4 csoportra osztották: (1) szűz kancák, amelyek nem voltak korábban termékenyítve, és koruktól függetlenül nem álltak korábban szaporodásbiológiai gondozás alatt; (2) előző évben nem vemhesült kancák amelyeket korábban tenyészkancaként hasznosítottak, és legalább egy tenézszezonzonban rendszeres szaporodásbiológiai gondozás alatt voltak; (3) csikós kancák, amelyek az előző évben is sikeresen termékenyültek, és volt alattuk szopós csikó; (4) „gyakorlati célú kancák”, melyeken az állatorvostan hallgatók tanulták a klinikai évükben a vizsgálatokat, legalább 1 éve voltak a termékenyítő állomáson, erre a célra tartott ménesben és emiatt minden nemi ciklusukban voltak vizsgálva. A stresszint vizsgálatához a fekális kortizol metabolitok (FCM) rendszeres mintavételezését választották, és ugyanabban az időpontban vették, minden nap 3 alkalommal (0:00-kor, reggel 8:00-kor és délután 16:00-kor). Eredményeik alapján a gyakorló kancák csoportja tűrte a legjobban a vizsgálatokat, minden vizsgálati időpontnál. A szűz kancáknak volt a kísérlet során végig a legmagasabb és a

leginkább változékony a kortizol metabolit szintje. Az ovuláció előtti 24h időpontjában az FCM szintje nem tért el jelentősen a különböző csoportok esetén. Ennek ellenére a fagyasztott spermás termékenyítésre szánt kancák FCM szintje a friss spermás csoportéhoz viszonyítva az ovuláció előtt 24. órától számítva megemelkedett az intenzívebb és gyakoribb vizsgálasok miatt. A tanulmány szerzői kijelentik, hogy a mesterséges termékenyítés, illetve a kancák helyszínre szállítása, valamint a társas kapcsolatok elvesztése stresszorként működik, és megemeli az állatok kortizolszintjét. Azonban hozzáfűzték, hogy az állatok stresszintjének emelkedése még a szűz kancák esetében sem eredményezett csökkent vemhesülési rátát. Ezt azzal is indokolják, hogy az FCM szintje relatív alacsonyabb volt, mint azoknál a lovaknál, amelyek közvetlen fájdalomnak voltak kitéve hasi görcsök vagy herélés után. A másik fontos következtetés pedig a gyakorlati kancáknál tapasztaltak alapján, az, hogy a rendszeresen ismételt szaporodásbiológiai vizsgálatokat meg tudják szokni az állatok és a kutatás alapján ez nem eredményezte az állatok jóllétének komoly megsértését (Berghold et al. 2007).

Schönbom és munkatársai (2015) kutatásukban azt vizsgálták, hogy a transzrektális és transzabdominális ultrahangvizsgálat hogyan hat a kancák nyálkortizol szintjére, pulzusszámára (HR) és szívfrekvencia-variabilitására (HRV). A vizsgálatban angol telivér kancák három csoportját használták: (1) vemhes, laktáló kancákat, (2) vemhes, nem laktáló kancákat, és (3) nem vemhes, laktáló kancákat. Az ultrahangvizsgálatok előtt és után a nyál kortizolszintjét, a HR-t és a HRV-t EKG-készülékkel mérték, különös figyelmet fordítva az mHR, RMSSD és LF/HF arányra. Az eredményeik szerint a transzrektális ultrahang vizsgálatot követően a kortizolszint a vemhes, nem laktáló kancáknál 15 percen belül szignifikánsan emelkedett, a csúcértéket 30 perccel a vizsgálatot követően érte el. Ezzel szemben a vemhes, laktáló és a nem vemhes, laktáló csoportok kortizolszintje nem mutatott szignifikáns változást. Az mHR a vemhes, nem laktáló csoportban a transzabdominális ultrahang után is emelkedett, különösen 5-10 perccel a vizsgálat után, de a transzrektális vizsgálatot követően az mHR növekedése 10 és 15 percnél is magasabb volt. A vegetatív idegrendszer aktivitását az LF/HF arány alapján értékelték: az LF/HF arány a vemhes, nem laktáló kancák esetében mindkét vizsgálati módszerrel jelentősen emelkedett, míg a többi csoportnál nem változott az idő múlásával. Az RMSSD-ben nem tapasztaltak jelentős változást egyik csoportnál sem. A kutatók arra a következtetésre jutottak, hogy a transzrektális ultrahangozás nagyobb stresszt váltott ki a nem laktáló vemhes kancákban, különösen mivel az LF/HF arány és a kortizolszint is jelentősen emelkedett. Ezzel szemben a transzabdominális ultrahang, különösen a nem laktáló kancák esetében, kisebb mértékű stresszválaszt váltott ki, így állatjóléti szempontból kedvezőbb technikának bizonyult. Összegzésként, a vizsgálat szerint a laktáció csökkenti a stresszre adott

reakció mértékét, amit már más emlősöknél is megfigyeltek. A transzabdominális ultrahang kevésbé zavarta meg a nem laktáló kancák stresszhormon-szintjét és vegetatív válaszait, ezért az állatjóléti szempontok figyelembevételével ezt a technikát érdemes előnyben részesíteni a vemhesség ellenőrzésére a nem laktáló kancáknál (Schönbom et al. 2015).

Ille és munkatársai (2016) egy mesterséges termékenyítő és embriótranszfer állomáson végezték kutatásaikat, melyben különböző fajtájú és korú kancákat vizsgáltak ultrahang-diagnosztikában tapasztalt állatorvosok, kizárólag ösztrusz ideje alatt (35 mm-nél nagyobb tüszőméret és méhödéma jelenléte mellett). A kancák csoportjait az ultrahang vizsgálatok gyakorisága alapján alakították ki, vagyis annak függvényében, hogy fagyasztott (gyakran vizsgált csoport, n=10) vagy hűtött spermás termékenyítéshez (ritkábban vizsgált csoport, n=11) vizsgálták őket. A csoportok vegyesen tartalmaztak kancákat, amelyeknek ez volt első tenyész-szezonja (n=8), illetve egyszer vagy többször ellett kancákat (n=13). A kancák egyrésze laktált (n=4), a többségüknek nem volt csikója (n=17). A gyakran vizsgált csoport egyedeit naponta 4 alkalommal vizsgálták (6:00; 12:00; 18:00; 0:00 időpontokban). A ritkábban vizsgált csoportot 24, illetve 48 óránként vizsgálták reggel 8:00 és 11:00 között. A lovakat kalodában rögzítették, a vizsgálat idejére a csikós kancák mellett maradtak a csikók. A nyálmintákat 30 és 10 perccel a vizsgálat előtt gyűjtötték a boksokban, közvetlenül a vizsgálat után a kalodában, és azt követően 15, 30, 60, 120 perccel ismét a boksokban. A HR és HRV értékeket a Polar S810i HMR-rel rögzítették a vizsgálatot megelőző 60. perctől a vizsgálat után 120. percig. SDRR és az RMSSD értékeket elemezték a Kubios szoftverrel. 1 perces szakaszokat elemeztek az ultrahangos vizsgálatot megelőzően 30, 10 perctől indítva, a vizsgálat időpontjában, majd után 15, 30, 60 és 120 perccel. Eredményeik alapján a szívritmus a rektális vizsgálatok alatt minden kancánál enyhén, de szignifikánsan növekedett, a nyálkortizol koncentráció és a HR is. Ez a növekedés minden vizsgálatnál, és minden kancánál megfigyelhető volt, függetlenül a kancák szaporodásbiológiai vizsgálatokkal kapcsolatos tapasztalataiktól. A növekedés mértéke jobban kifejezett volt a gyakrabban ultrahangozott csoportnál. Az SDRR és az RMSSD nem változott a szaporodásbiológiai vizsgálatok hatására a kancákkal semmilyen összefüggésben, és nem volt megfigyelhető kiugró mértékű változás. A nyálkortizol koncentráció növekedett az ultrahang vizsgálatok hatására, a vizsgálatot követő 15. percben, és ez jobban kifejezett volt a gyakrabban vizsgált kancák esetében. A HR, HRV és nyálkortizol koncentráció változásai és a vizsgálat hossza között nem volt jelentős korreláció. Összességében, ezen kutatás alapján a szerzők a rektális ultrahang vizsgálatokat a kancák esetében nem tartják komoly stresszornak, mert a HRV-ben nem volt kimutatható változás. Viszont ebben a kutatásban tapasztalt nyálkortizol koncentrációk hasonló értékűek voltak, mint

amelyet a lovak bélyegzésénél tapasztaltak, és a vizsgálatok gyakrabba válásával a kortizolszint tovább nőtt (Ille et al. 2016.)

A témában a legfrissebb kutatás 2017-ben került publikálásra, Van Vollenhoven és munkatársai által. A kutatásukban kifejtett, egészséges Nooitgedacht póni kancákat vizsgáltak állatorvostan hallgatók rektális tapintásos vizsgálattal. Mindegyik kanca anösztruszban volt, annak érdekében, hogy kizárják a hormonális ingadozásokat. A kancák HRV adatait a Polar RS800 HRM monitorral rögzítették. A lovak RR-intervallumait rögzítették a legelőn a vizsgálatok előtt, ahol szabadon mozoghattak. Ez reggel, átlagosan 63 percig történt. Rögzítették továbbá a legelőről a vizsgáló kalodáig történő átsétálás alatti RR-intervallumokat (átlagosan 13 percig), és amíg a kalodában álltak, átlagosan 137 percig. A kancákat 8:00-kor vezették a kalodákhoz. A kalodában állás alapértékeit a HRV-hez a kalodákhoz való vezetés után 20 perctől számították. 9:00-kor a tapintásos vizsgálat elkezdődött az első állatorvos hallgató által végzett tapintásos vizsgálattal. Minden soron következő hallgató 3 perccel később kezdett a következő kancán. Minden kanca 20 perces időtartamban volt tapintva egy hallgató által. Az RR intervallumokat kielemezték a legelőn, a kalodába való érkezés után 20 perces pihenőt követően, 5 perc a tapintásos vizsgálatot megelőző tapintás alatt, a tényleges tapintásos vizsgálat első 5 perce alatt, a tapintásos vizsgálat utolsó 5 perce alatt, a tapintásos vizsgálatot követő első 5 perct, 35 perct és 65 perct. Általában a kancákat egyből kiengedik a kalodából a vizsgálatokot követően, azonban a tanulmányban a regenerálódás vizsgálatának kedvéért még 70 perct a kalodában álltak. A HRV elemzéséhez ezen szerzők is a Kubios szoftvert választották, és a vizsgált paraméterek az mHR, mRR, SDNN, RMSSD, LF/HF arány, és a normalizált egységben kifejezett LF és HF értékek voltak. Az eredményeik azt mutatták, hogy a vegetatív idegrendszer működése a szimpatikus működés felé hajlott, a tapintásos vizsgálat első 5 percében a bolygóideg működésével párhuzamosan. Ez az együttes aktiválódása a vegetatív idegrendszer két ágának úgy értelmezhető, mint egy módosult stresszreakció. A HRV értékek közel az alapértékekhez álltak vissza a tapintásos vizsgálat utolsó 5 percében, amelyet a szimpatikus tónus növekedése követett a tapintásos vizsgálat után 35 perccel, amelyet a normális rutintól való eltérés okozta stresszként lehet értelmezni. A kancák kora és tapasztalata nem befolyásolta a stresszreakciókat a gyakorlatban. A tapintásos vizsgálatok első 5 percében az mRR és az mHR értékek a kalodában felvett alapértékekhez képest jelentősen megváltoztak (az mRR csökkent, az mHR nőtt), ez egyértelműen stresszreakcióként értelmezhető. A tapintásos vizsgálatok utolsó 5 percében, habár a tendenciák ezen két értéknél a kalodai alapértékek irányába mozdultak, még mindig jelentős, stresszre utaló eltérés volt megfigyelhető. Ez talán annak tulajdonítható, hogy a kancák felismerték a vizsgálatok vége felé

közeledést. A kancák a vizsgálat vége után a kalodában való, szokatlan várakozástól olyan idegesek lettek, hogy a vizsgálat után a kalodában való várakozás 65. percére az mHR érték növekedése és az mRR érték csökkenése meghaladta a tapintásos vizsgálat során mért értékeket. Minden vizsgált HRV paraméter növekedett a tapintásos vizsgálatok első 5 percében a HF (n.u.) érték csökkenését leszámítva. Kiemelkedő növekedést tapasztaltak az SDNN, az LF (n.u.) és az RMSSD értékeknél. Az SDNN értéke a tapintásos vizsgálat első 5 percében és a vizsgálatot követő 65. percben a növekedést, de a tapintásos vizsgálatok utolsó 5 percében a kalodában rögzített alapértékek felé tendált. Az RMSSD értéknél ugyanezen időpontokban ugyanezen változásokat látták, és semmilyen mintázatot nem tapasztaltak. Az LF/HF aránya és a HF (n.u.) nem kiemelkedően változott a legelőn vagy a kalodában alapértékként tapasztaltakhoz képest. Az LF (n.u.) azonban kiemelkedő változást mutatott a vizsgálatok első 5. és a vizsgálatot követő 65. percében. Mindazonáltal, a HF (n.u.) és az LF/HF arányai is ugyanazon tendenciát igazolja, és szintén alátámasztják, hogy az állatok stresszeltek (Van Vollenhoven et al. 2017).

A fenti, lovak rektális vizsgálatának hatását elemző tanulmányokat a 2. táblázatban foglalom össze. A táblázat alapján egyértelműen látszik, hogy egymással ellentmondó tapasztalások figyelhetők meg a korábbi kutatásokkal kapcsolatban, kiemeltem az SDRR, RMSSD, LF/HF arány értékek esetén.

Ez a kutatási terület tehát potenciális lehetőségekkel rendelkezik a tenyésztésirányítás javítása érdekében és a szaporodási folyamatokhoz kapcsolódó stressz megértésében (Ille et al. 2016).

2. táblázat – irodalmi összefoglaló a kancáknál végzett szaporodásbiológiai vizsgálatok hatásáról.

Jelmagyarázat: $\uparrow$ = növekedés, $\downarrow$ = csökkenés, $\emptyset$ = nincs változás; VL = vemhes laktáló, VnL = vemhes nem laktáló, nVL = nem vemhes, laktáló kancák, kort_r = transzrektális ultrahang vizsgálatok kortizol értékei, kort_a = transzabdominális ultrahang vizsgálatok kortizol értékei; ** GyV = gyakran vizsgált, RV = ritkábban vizsgált; ***csak a rektális tapintásos vizsgálat első 5 perce alapján, legelőn tapasztaltakhoz viszonyítva.

Forrás: saját munka

Publikáció	Vizsgálat típusa	Vizsgált kancák száma (n)	Vizsgált kancák életkora	Vizsgálati paraméterek	Paraméterekben tapasztalt változások a vizsgálatok hatására	Legfőbb eredmény, megállapítások
Berghold és m ^t ársai, 2007	tapintásos vizsgálat, rektális ultrahang vizsgálatok, hüvely vizsgálat	szűz: 16	8.1±0.9	Belső kortizol metabolitok (FCM)	FCM $\uparrow$	A rendszeresen végzett szaporodásbiológiai vizsgálatok stresszt okoznak, de meg tudják szokni a kancák.
		nem ellett: 17	11.8±1.0			
		nVL: 12	8.3±0.8			
		Gyakorlati: 5	10.3±1.0			
Schönbom és m ^t ársai, 2015*	Transzrektális és transzabdominális ultrahang vizsgálatok	VnL: 14	8.4±0.76	Nyálkörtizol, mHR, RMSSD, LF/HF arány	kort _r $\uparrow$ kort _a enyhén $\uparrow$ mHR $\uparrow$ RMSSD enyhén $\downarrow$ LF/HF arány $\uparrow$	A laktáció befolyással van a stressztűrő képességre: a laktáló kancáknál csillapított stresszreakciót figyeltek meg.
		VL: 6	10.5±2.18		kort _r $\emptyset$ mHR enyhén $\uparrow$ RMSSD enyhén $\downarrow$ LF/HF arány $\emptyset$	
		nVL: 5	14.2±0.96		kort _r $\emptyset$ mHR enyhén $\uparrow$ RMSSD enyhén $\downarrow$ LF/HF arány $\emptyset$	
Ille és m ^t ársai, 2016**	tapintásos vizsgálat, rektális ultrahang vizsgálatok	GyV: 10	9.7±4.7 (3-19 év)	Nyálkörtizol, mHR, SDRR, RMSSD	Nyálkörtizol $\uparrow\uparrow$ mHR $\uparrow\uparrow$ SDRR és RMSSD $\emptyset$	A vizsgálatok gyakrabba válásával a kortizolszint fokozottan nőtt.
		RV: 11			Nyálkörtizol $\uparrow$ mHR $\uparrow$ SDRR és RMSSD $\emptyset$	
Van Vollenhoven és m ^t ársai, 2017	tapintásos vizsgálatok	21	9.4±3.7	mHR, mRR, SDNN, RMSSD, LF (n.u.), HF (n.u.), LF/HF arány	*** mRR $\downarrow$ mHR $\uparrow$ SDNN $\uparrow$ RMSSD $\downarrow$ LF (n.u.) $\uparrow$ HF (n.u.) $\downarrow$ LF/HF arány $\uparrow$	A tapintásos rektális vizsgálat stresszt okoz, és a kalodában töltött mozgáskorlátozás önmagában is stresszor.

4. Saját vizsgálatok

4.1. Alkalmazott módszerek (anyag és módszer)

4.1.1 Vizsgált lovak jellemzői

A kutatásban használt lovak mindegyike Quarter horse fajtájú volt. 10 kancát vizsgáltunk, a kancák életkora 4 és 27 éves között változott (életkor átlaga, szórása: 16.5 ± 7.89). Öt vemhes (3-6 hónapban) és 5 nem vemhes kancát vontunk be a kísérletbe. A vemhes kancák közül három csikós kanca (laktáló státuszú) (Shiny, JJ, Holly), kettő nem laktáló (Gipsy, Ready) státuszban volt a vizsgálataink alatt. A csikók közül kettő 4 hónapos, egy 3.5 hónapos volt. A nem vemhes kancák egyike sem volt csikós kanca.

A lovak mindegyike ugyanazon Quarter horse magántenyészetbe tartozott, a tartási, takarmányozási körülmények azonosak voltak. Egyéni, kifutókkal rendelkező bokszokban voltak elhelyezve, és rendszeresen karámozva voltak. A kifutós bokszokban rendelkezésükre állt korlátlanul (*ad libitum*) víz és széna.

4.1.2 Vizsgálat menete

A vizsgálat napján a kancák mindegyike a saját kifutós bokszából lett kihozva, nem végeztek aznap munkát, és a vizsgálatok előtt karámozva sem voltak.

A HRV analízis céljából a Polar (Polar, Kempele, Finnország) H10 HRM-ek kerültek alkalmazásra, Polar Equine hevederekkel, a jeleket Polar V800 órák rögzítették és ideiglenesen tárolták. A HRM-eket a gyártói utasításnak megfelelően rögzítettük, ügyelve az elektródák megfelelő elhelyezésére (szívtájékra kerülésére). Az elektródákra és az állatokra is tettünk ultrahanggélt (AquaUltra Basic, Ultragel Kft., Budapest, Magyarország) a korábbi szakirodalmak utasításainak megfelelően (3. és 4. ábra). A kancák vizsgálat előtti RR-intervallumait (előtte értékek) a kifutós bokszokban rögzítettük, 60 percen át. Ezt követően a kancák a saját kifutós bokszaikból közvetlenül a vizsgáló kalodába lettek vezetve. A csikós kancák esetében nem minden esetben volt megoldható a csikók kancákkal történő kihozása. A kalodába vezetés után kancát rögzítettük és a kanca számára ismerős személy a vizsgálat végéig az állat fejénél maradt. A bélsár kiürítése után transzrektális ultrahangozást végeztünk (DP-50 vet Mindray, lineáris transzducer, Mindray Animal Medical Technology Hollandia B.V.; Vet Gel, Kerbl, Albert Kerbl GmbH, Buchbach, Németország) 5 percig, a vizsgálat standardizálása miatt. Az ultrahangos vizsgálat során a petefészkek képleteit, a méhnyálkahártya állapotát, vemhes kancánál a magzat helyeződését, mozgását, elérhető szerveit, szívverést és a CTUP vastagságát detektáltuk. A vizsgálatokat követően a kancákat egyből a kifutós bokszokba vezettük vissza, és ott az RR-intervallumokat további 60 percen át rögzítettük (utána értékek).

3. ábra: Polar HRM és heveder felhelyezése; 4. ábra: Kanca a Polar Equine hevederrel és H10 HMR-rel a kalodában vizsgálatkor

Forrás: saját munka



4.1.3 Adatelemzés módszertana, és statisztika

Az RR-intervallumok elemzéséhez a vizsgálat előtti és utáni 1 órából egy 5 perces szakaszt választottunk ki az alapján, hogy a lovak az alábbi körülményeknek megfeleljenek: (1) a HR stabil, (2) a ló nyugalomban állt, emberek, és más lovak nem zavarták, (3) a ló befejezte a táplálkozást vagy a sétálgatást legalább 5 perccel a vizsgált időtartam előtt. A transzrektális ultrahangozásnál az ultrahangozás teljes, 5 perces időtartamát elemeztük (*vizsgálat* eredmények az oszlopdigramokban). A V800 Polar órák egyedi azonosítókkal rendelkeznek, és ezeket minden kancához hozzárendeltük a későbbi azonosítás megkönnyítésére a rögzítés elindításakor. Az ideiglenes tárolást követően a gyártó saját webfelületéhez tartozó felhőszolgáltatásba (Polar Flow webhely) lettek feltöltve az adatok. Feldolgozáskor innen lettek letöltve a nyers adatok (RR-intervallumokként, delimited.txt fájl formátumban). A HRV elemzéshez a Kubios HRV szoftver 3.1.1 verzióját használtuk (Biosignal Analysis and Medical Image Group, Department of Physics, University of Kuopio, Finnország). Minden esetben a kiválasztott szakaszok RR-értékeit korrigáltuk az artefaktok minimalizálása érdekében az egyéni Kubios korrekciós algoritmussal.

Nem végeztünk komoly statisztikai teszteket. Ez annak tulajdonítandó, hogy korrekt statisztikai elemzés nem végezhető a kevés mintaelemszám és a vizsgált állatok életkorának nagy szórása miatt. A kapott adatokon leíró statisztikát alkalmaztam, az eredményeket táblázatok formájában mutatom be az összes egyedre és két csoportra (vemhes, nem vemhes) bontva, illetve oszlopdigramokon ábrázolom az egyedi különbségeket.

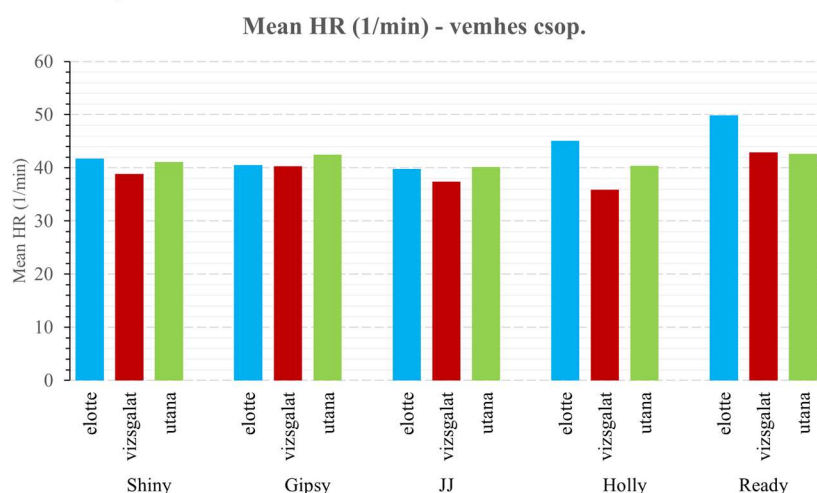
4.2. Eredmények és értékelésük

Eredményeinket először a kancák két csoportjára, és a csoporton belüli egyéni különbségekre fókuszálva mutatom be. Ezt követően, összegzem az átlagok alapján megfigyelhető tendenciákat, illetve elemzem az eltéréseket.

A kutatásomban elemzett HRV paraméterek az mHR, RMSSD, LF és HF értékek normalizált egységekben megadva, illetve az LF/HF arány és a rektális vizsgálatok hatását vizsgáló lovas kutatásoknál a korábban nem alkalmazott összeteljesítmény (Total Power).

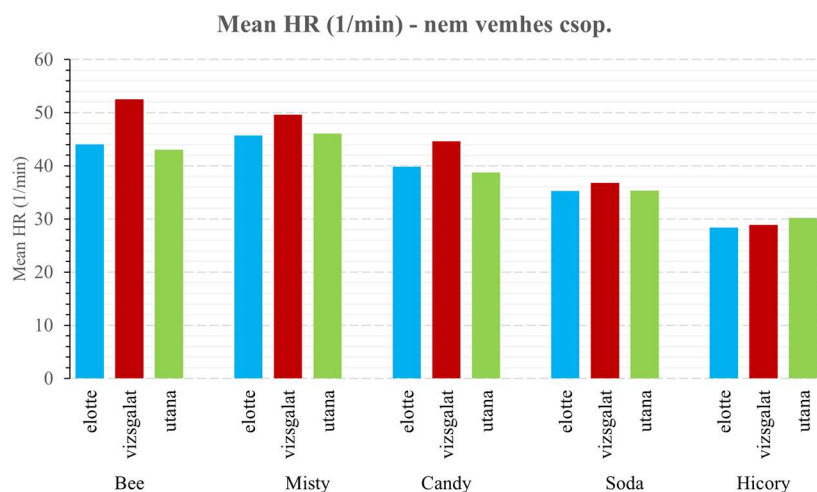
5. ábra – mHR értékek a vemhes csoportnál.

Forrás: saját munka



6. ábra – mHR értékek a nem vemhes csoportnál.

Forrás: saját munka



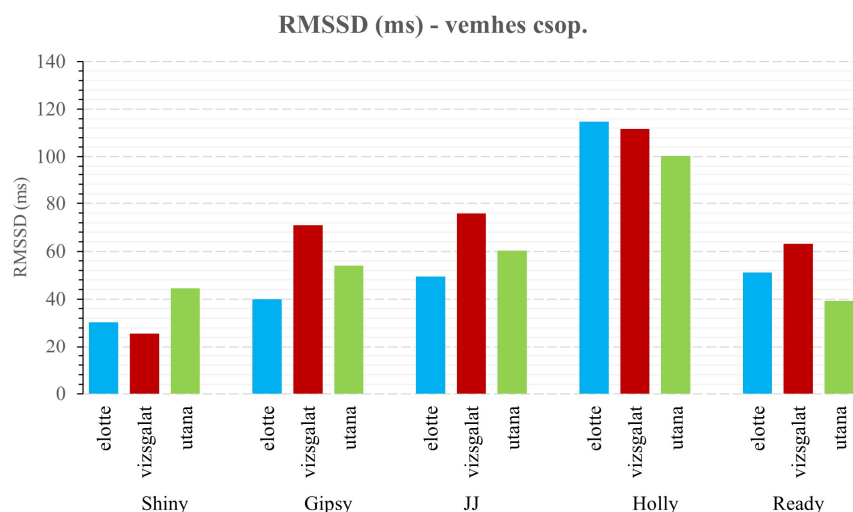
Az 5. és 6. ábrákon a két csoport egyedeinek átlagos szívritmusát látjuk. Az ábra alapján a vemhes csoport egyedeit egymáshoz viszonyítva láthatjuk, hogy az mHR értékeknél Ready és Holly kiindulási mHR értéke magasabb volt, mint a többi kancának. Ennek ellenére minden kancánál megfigyelhető volt a transzrektális vizsgálatok alatt a kezdeti állapothoz képest csökkenés a szívritmusban, eltérő mértékben. Ez azért érdekes, mert a szívritmus stressz

hatására növekedni szokott. Másrészt ezen tapasztalat ellentmond az mHR-t vizsgáló megjelent összes releváns publikációval (Schönborn et al. 2015; Ille et al. 2016; Van Vollenhoven et al. 2017). A vizsgálat után ötből egy kanca (Ready) kivételével az mHR értékek nőttek a vizsgálatokhoz viszonyítva. A négy kancából kettő egyednél nőttek a vizsgálat előtti érték fölé. Az egyik kancánál (JJ) ez az emelkedés a kiindulási állapothoz képest minimálisan tért el.

A nem vemhes csoport mHR értékeinél pedig a 6. ábrán azt figyelhetjük meg, hogy az öt kancából háromnál jól látható a rektális ultrahangozás hatására az átlagos szívritmus emelkedése, amely megegyezik a szakirodalomban írt tapasztalatokkal. Soda és Hicory esetében azonban csak minimális változást láttunk. Ez talán azzal magyarázható, hogy ők a kutatásban részt vett legidősebb tenyészkancák (27 éves), és iskolalóként is használták őket korábban. Ennél a csoportnál jobban megfigyelhető, hogy a vizsgálatok előtti és utáni nyugalmi mHR értékek közel azonosak egymással.

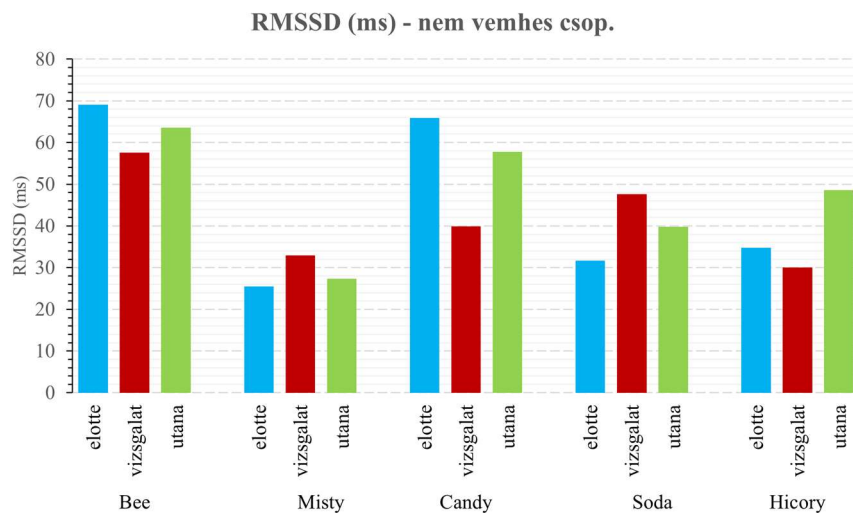
7. ábra – RMSSD értékek a vemhes csoportnál.

Forrás: saját munka



8. ábra – RMSSD értékek a nem vemhes csoportnál.

Forrás: saját munka

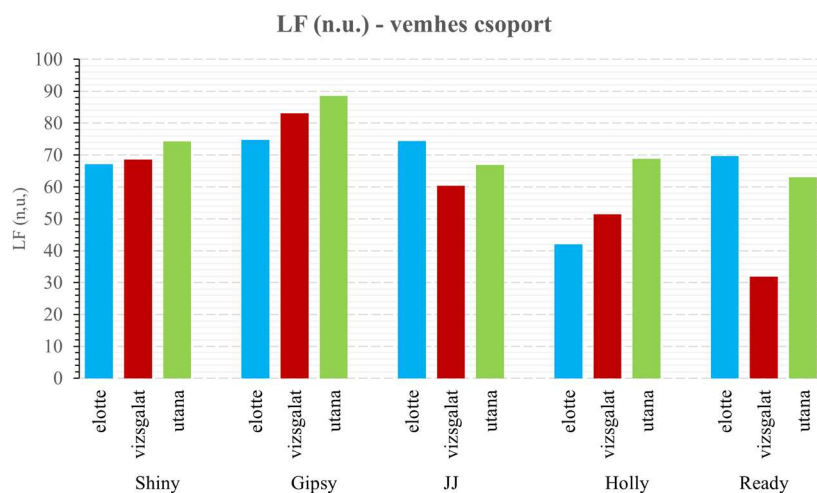


A 7. és 8. ábrákon az RMSSD értékek látszanak, az ábrák kiválóan ábrázolják, hogy ennél az értéknél mekkora egyéni különbségek lehetségesek. Az RMSSD nagyon reagál az edzésre, és az akut stressz formáira, ezért alkalmazták előszeretettel a szakirodalmakban fellelhető tanulmányokban, és mi is ezért vizsgáltuk. Az RMSSD értéknél a csoport átlagok alapján teljesen hibás következtetéseket lehetne levonni, itt igen jelentősek a vizsgálat minden részén a különbségek. A 7. ábra alapján vemhes csoportnál az az általános trend, hogy a vizsgálat időtartama alatt az RMSSD általában nő a vizsgálat előtt lévő állapothoz képest (három kancánál), majd a vizsgálat után ismét csökken, de nem mindig csökkent a kiindulási értékre. Ez a várt eredményekkel szintén ellentétes megfigyelés, ugyanis ez fokozott paraszimpatikus idegi működést jelent, vagyis a kancák ezen része nem, hogy nem stresszelt ezen paraméter alapján, hanem kellemesebben érezte magát az ultrahangos vizsgálat hatására. Holly esetében kiugróan magas volt a kísérlet alatt az RMSSD összes értéke, de nála a vizsgálat során és azt követően is az értékek csökkenése figyelhető meg. Ez a csökkenés a vizsgálat alatti és a vizsgálat utáni időszakban is stresszre utal. Shiny RMSSD értékénél szintén egy egyéni különbséget láthatunk, azonban esetében önmagában is rettentően alacsony paraszimpatikus működést mutat. A rektális vizsgálat hatására önmagához képest további csökkenés látható, amely szintén csökkent vagus működésre utal. A vizsgálat után azonban a kezdeti értéket meghaladóan növekedett az RMSSD értéke, vagyis fokozott bolygóidegi működést tapasztalunk nála. Mindez arra utal, hogy Shiny kezdeti kiindulási állapotában is elég stresszes állapotban volt, és megviselték a vizsgálatok, de a vizsgálatot követően elkezdett regenerálódni.

A 8. ábrán a nem vemhes kancák közül háromnál az RMSSD csökkent a rektális vizsgálat hatására, amely a csökkent bolygóidegi aktivitást jelzi, vagyis stresszt eredményezett a vizsgálat. A vizsgálat ennél a három kancánál is a vizsgálat előtti alapértékek felé tendált (növekedett) ez a HRV mutató, de egy esetet leszámítva (Hicory), nem érte el és/vagy nöött a kiindulási értékek fölé. Hicory mellett Bee és Candy esetében is a vizsgálat utáni értékek magasabbak, mint a vizsgálat alatti értékek, ami arra utalhat, hogy a vizsgálat okozta stresszből a felépülés hatékonyabb a másik két lóhoz viszonyítva. A nem vemhes csoportban két lónál (Misty és Soda) a vemhes csoport többségénél bekövetkezett változások voltak megfigyelhetők, vagyis, az RMSSD értéke náluk is növekedett, és a vizsgálat után csökkent. Így tehát eredményeink ezen része is a szakirodalmakban leírtakkal részben ellentétes.

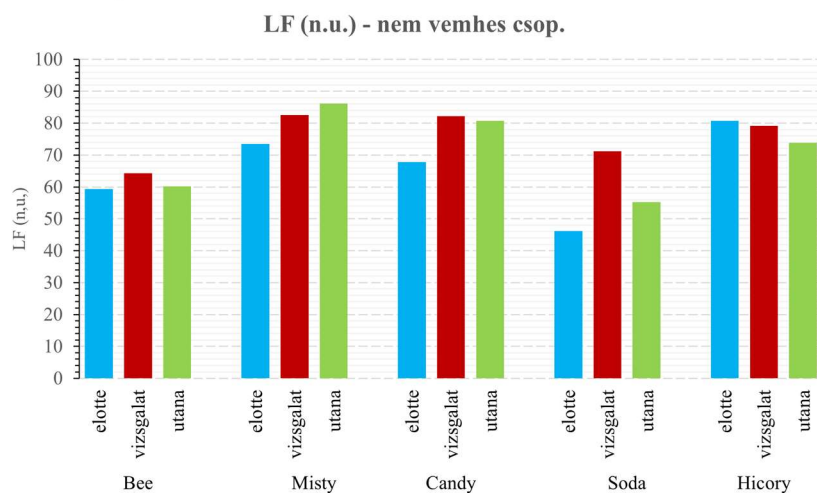
9. ábra – LF (n.u.) értékek a vemhes csoportnál.

Forrás: saját munka



10. ábra – LF (n.u.) értékek a nem vemhes csoportnál.

Forrás: saját munka



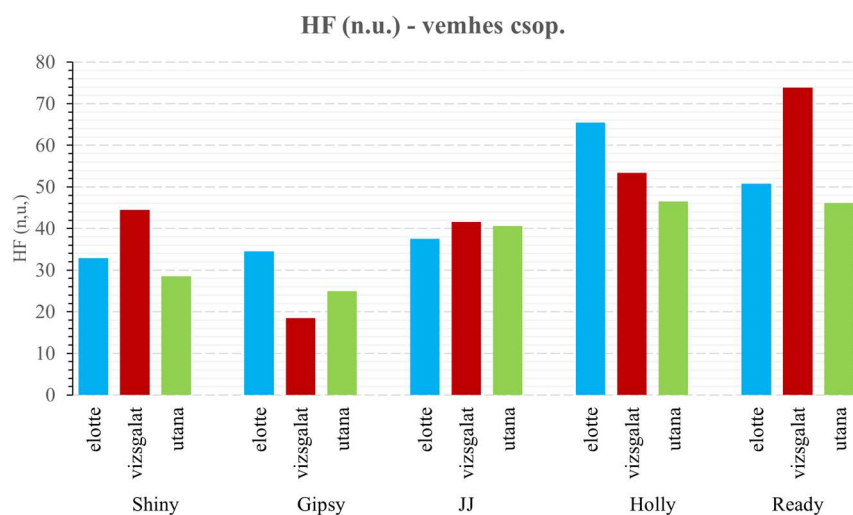
A 9. és 10. ábrán a két csoport alacsony frekvenciás teljesítmény normalizált értékei vannak megjelenítve (LF n.u.). A 9. ábrán a vemhes csoportból 3 kancán azt a tendenciát figyelhetjük meg, hogy a kancák vizsgálatot megelőző LF n.u. viszonyítva növekedtek mind a vizsgálat alatti, mind a vizsgálat utáni értékek. Az LF n.u. értékei vegyes vegetatív működésről adnak visszajelzést, de inkább a szimpatikus idegrendszeri hatások által nő az értéke. Ez azt jelzi, hogy a vemhes csoportban Shiny, Gipsy és Holly stresszeltek vagy szorongtak a vizsgálatok során valamilyen szinten, amelyet az RMSSD értékeknél tapasztalt változás is mutatott Shiny és Holly esetén. JJ és Ready esetében azonban az LF n.u. változásánál kifejezett csökkenés látható a vizsgálat előtti állapothoz viszonyítva. A vizsgálat utáni értékek az említett két kanca esetén a vizsgálatához viszonyítva nőttek, azonban nem érték el a kezdeti, vizsgálat előtti értékeket. Ez azt jelenti, hogy JJ és Ready esetén csökkenhetett a szimpatikotónus, és ezt esetlegesen a vizsgálatok is kiválthatták, vagy valamilyen okból kifolyólag magasabb volt a

kezdeti stressz szintjük, és ahhoz viszonyítva csökkent a teljes vegetatív aktivitás, a szimpatikus befolyással együtt.

A 10. ábrát vizsgálva a nem vemhes csoportban Mistynél megfigyelhető a vemhes kancák nagyrésznél megfigyelt mintázat az LF n.u.-nál, az értékek ráadásul hasonló tartományban mozogtak a vemhes csoportban található legkiemelkedőbb értékekkel rendelkező kancához (Gipsyhez) viszonyítva. Candynél a vizsgálat alatti értékek szintén minimálisan tértek el ennél a két kancánál mért LF normalizált értékektől. Ez a három kanca közvetlenül egymás után volt vizsgálva, így előfordulhat, hogy a kaloda távolabbi környezetében volt egy nagyjából 15 percig tartó külső környezeti stresszor ezen kancák vizsgálatakor. Ez ugyanis megemelheti a szimpatikus tónus dominanciájának köszönhetően az LF n.u. értéket. A nem vemhes kancák közül háromnál volt megfigyelhető, hogy a vizsgálat előtti LF n.u. értékek voltak a legalacsonyabbak, a vizsgálatkor megnőtt az értékük, és a vizsgálatot követően csökkenő tendenciát mutattak. Hicory esetében pedig más egyednél nem megfigyelhető módon változott az LF n.u. Ennél a kancánál a legmagasabb érték a vizsgálat kezdete előtt mért volt, ez csökkent a vizsgálat alatt, és a kezdeti és a vizsgálati értékekhez is viszonyítva abszolút módon csökkenő tendenciát mutatott. A nem vemhes csoportban a vizsgálat hatására adott növekedési trend az egyedek többségénél megfigyelhető volt, és ez Van Vollenhoven és munkatársai (2017) által tapasztalt változásokkal egyezik.

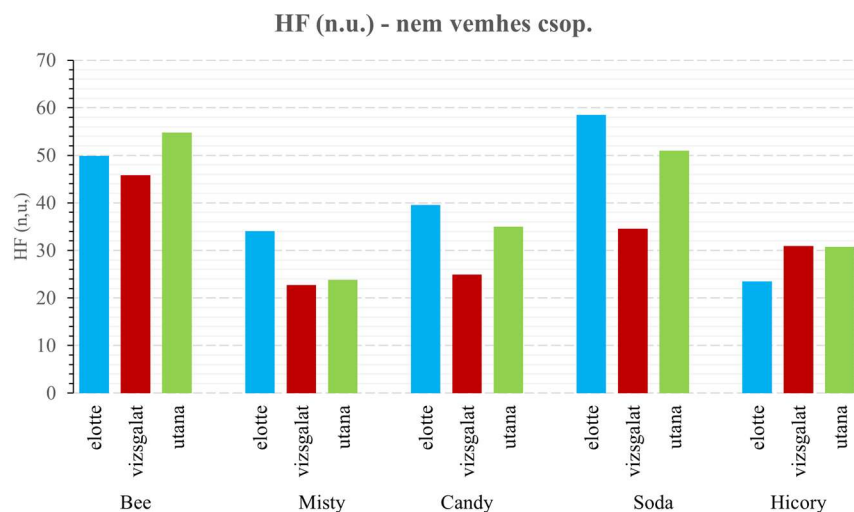
11. ábra – HF (n.u.) értékek a vemhes csoportnál.

Forrás: saját munka



12. ábra – HF (n.u.) értékek a nem vemhes csoportnál.

Forrás: saját munka

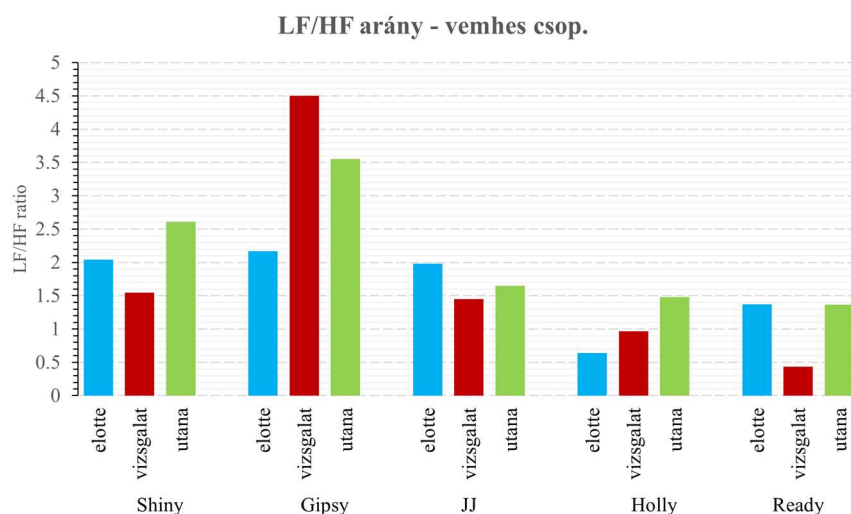


A 11. és 12. ábra a csoportok magas frekvenciás teljesítmény normalizált értékét mutatja be (HF n.u.). A 11. ábránál a vemhes csoportban csak Shiny és Ready esetében látható igen hasonló tendencia. Ennél a két kancánál egyértelműen látszik, hogy a vizsgálat alatti értékeknek a vizsgálatot megelőző értékekhez történő viszonyítása esetén jelentős a növekedés. Ez a vizsgálat alatti növekvő tendencia, kisebb mértékben ugyan, de megfigyelhető még JJ esetén is, azonban JJ HF n.u. csökkenése a vizsgálat utáni érték esetében nem volt olyan mértékű, hogy a vizsgálat előtti érték alá csökkenjen. Shiny és Ready esetében viszont a vizsgálatok utáni HF n.u.-k a vizsgálatot megelőző állapot alá csökkentek. Ezen eredmények azt jelzik, hogy a paraszimpatikus idegrendszer dominált ennél a három kancánál a rektális ultrahang vizsgálatok alatt, azonban a három kancából kettőnél a vizsgálat után csökkent a paraszimpatikotónus. Holly és Gipsy esetében azonban a vizsgálat előtti magas HF n.u.-k értékek jelentősen csökkentek a vizsgálatok hatására. Azonban, amíg Gipsy esetében a vizsgálat utáni érték ismét emelkedő trendet mutatott, addig Hollynál a paraszimpatikus idegi aktivitás mértéke tovább csökkent.

A 12. ábra szemlélteti a nem vemhes kancák értékeit. Az ábrát vizsgálva feltűnhet, hogy az öt kancából négynél a kezdeti értékeket a HF n.u.-k csökkenő tendenciája váltotta fel a vizsgálat alatt. Tehát a vemhes kancákkal szemben ezen csoportnál a paraszimpatikus ág aktivitása komoly mértékben csökkent a vizsgálatok hatására, az idős tenyészkanca (Hicory) kivételével. Ez is Van Vollenhoven és munkatársai (2017) eredményeivel vonható párhuzamba.

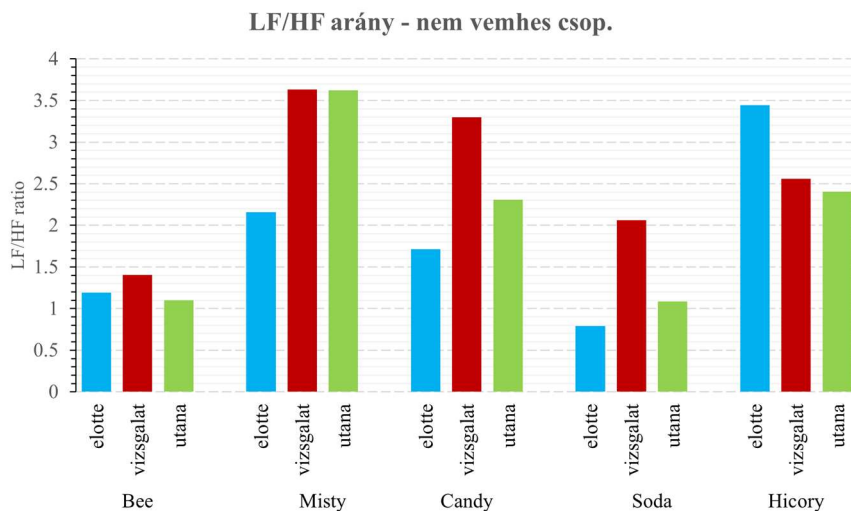
13. ábra – LF/HF arány a vemhes csoportnál.

Forrás: saját munka



14. ábra – LF/HF arány értékek a nem vemhes csoportnál.

Forrás: saját munka



A 13. és 14. ábra a kancák csoportjainak az LF/HF arányát mutatja be (LF/HF ratio). A vemhes kancák csoportját megfigyelve (13. ábra), az LF/HF arány csökkenése figyelhető meg a rektális ultrahang vizsgálatok hatására 3 kancánál (Shiny, JJ, Ready). Ezenél az egyedeknél az a trend is kirajzolódik, hogy a vizsgálatokhoz képest a vizsgálatok utáni értékek növekedést mutatnak. Ready esetében ez a növekedés a vizsgálat előtti állapottal szinte egyforma LF/HF arányig emelte, Shiny esetében azonban jelentősen túllépte a vizsgálat előtti arányt. Két kancánál növekvő tendencia tapasztalható a vizsgálat előtti és a vizsgálat alatti LF/HF arányok összehasonlításánál, amely az adott kanca vizsgálat előtti LF/HF arányához viszonyítva jelentős (Gipsy, Holly). Az LF/HF arány szimpatikus hatásra nő, vagyis ezen kancák esetében tényleges stresszreakció volt megfigyelhető. Saját eredményeink a vemhes csoportra nézve

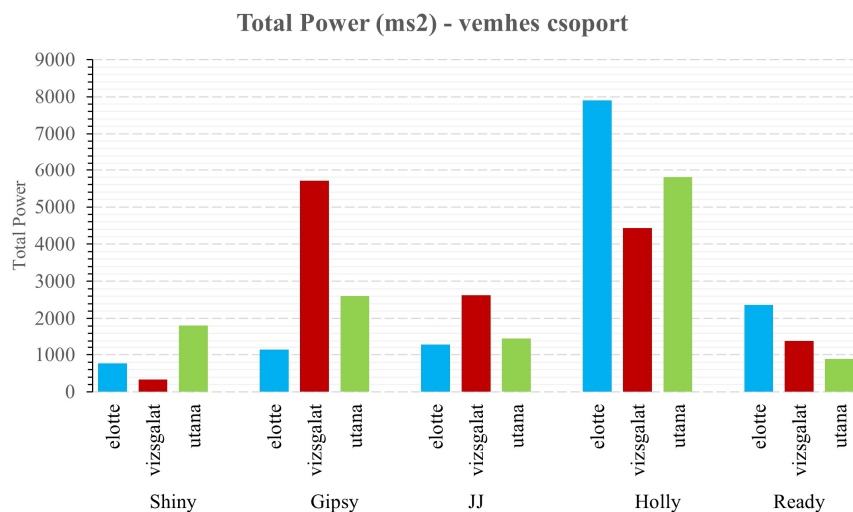
részben ellentétesek a Schönborn és munkatársai (2015) által rögzítettekkel, náluk a vizsgálat hatására nőtt a vemhes nem laktáló kancáknál (esetünkben Gipsy, Ready) az LF/HF arány közvetlenül a vizsgálat alatt is, nem csak a vizsgálatokat követően. Ez esetünkben csak Gipsynél volt megfigyelhető, Readynél a vizsgálat alatti érték csökkent. Schönborn és munkatársai (2015) alapján a vemhes csoportban a vemhes, laktáló kancák esetében arra lehetett volna számítani, hogy nem fog változás bekövetkezni a vizsgálat hatására. Saját eredményeink ezt cáfolják, és azt mutatják, hogy komoly egyedi különbségek vannak jelen a vemhes laktáló kancáknál (Shiny, JJ és Holly), bár ez eredhet abból is, hogy esetünkben nem a kancák boksaiban zajlottak a vizsgálatok, és a csikók nem minden esetben követték a kancákat.

A 14. ábra a nem vemhes csoport értékeit illusztrálja. A nem vemhes csoportban ismételtén Hicory tér el a csoport tendenciáitól jelentősen. Rajta kívül a többi 4 kancánál mind növekedett az LF/HF érték a rektális ultrahang vizsgálatok hatására, 3 kancánál igen jelentősen, vagyis ezek a kancák is jelentősen stressz-reakciót mutattak a vizsgálatok hatására a fenti vizsgálati paraméter alapján. Schönborn és munkatársai (2015) nem vizsgáltak nem vemhes, nem laktáló kancákat, Van Vollenhoven és munkatársai pedig csak ezt a csoportot vizsgálta. Az általunk tapasztaltak és az ő eredményeik között párhuzamot fedezhetünk fel.

Az LF/HF értékeknél azonban azt is meg kell említeni, hogyha ez a mutató alacsony értékeket mutat, úgy, ha az LF magas és a HF is magas, akkor az adott kancánál vagy jelentős stressz, vagy betegség áll a háttérben, amely igénybe veszi a szervezetet. Az általunk vizsgált tíz kancából a rektális ultrahangozáskor önmagukhoz viszonyításnál a magas LF magas HF értékekkel való társulása Shiny, JJ, Bee esetében áll fenn. Shiny és JJ esetében egyértelműen stresszel indokolható ez a viselkedés, mert a csikóik a vizsgálatokhoz nem voltak kivezetve. Habár a kancák nem keresték a vizsgálat ideje alatt a csikójukat egyértelmű jelekkel (nem nyerítették a csikóknak, nem nézegettek állandóan az istálló felé), előfordulhat, hogy valamennyire mentálisan stresszeltek a gondolattól, hogy vajon mennyi ideig kell a vizsgálatok során a csikójuk nélkül állni. Bee (nem vemhes, nem laktáló kanca) esetében nem beszélhetünk ilyen jellegű stresszről, azonban esetében a vizsgálat előtti és utáni értékek is igen alacsonyak, így esetében lehet, hogy valamilyen egészségügyi ok állt a háttérben, amely a vizsgálatok előtt nem volt diagnosztizálva.

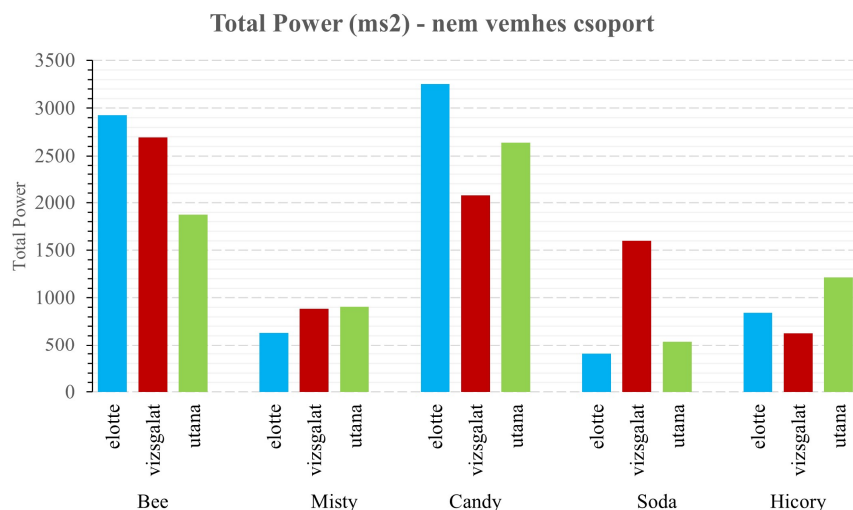
15. ábra – Total Power értékek a vemhes csoportnál.

Forrás: saját munka



16. ábra – Total Power értékek a nem vemhes csoportnál.

Forrás: saját munka



Az összteljesítmény (Total Power) paramétert kevés tanulmány alkalmazta lovaknál, pedig ez a mutató is jól tükrözi az autonóm idegrendszer működéseit összegezve. Ezt a mutatót azért vizsgálom, mert egy igen friss cikk alapján lehet értelme a Total Power vizsgálatának, ugyanis segíthet betegség fennállása esetén a beteg csoportoknál a súlyos és kevésbé súlyos állapotú egyedeket megkülönböztetni, a produkált tünetek mellett (Nyerges-Bohák et al. 2024).

A 15. és 16. ábrák bemutatják, hogy a csoportjainknál hogyan alakultak a TP értékek. Ami igen szembeötlő a 15. ábrán, hogy Shiny-nál és JJ-nél már más paraméterek is azt mutatták, hogy nagyon le van terhelve a szervezetük, a TP értékeit megnézve azonban ez méginkább egyértelművé válik. Esetükben igen alacsony a vegetatív idegrendszer összteljesítménye a vizsgálatok előtt, és a vizsgálatok hatására ez az érték Shiny-nál tovább csökkent, a vizsgálat

után azonban megemelkedett a TP értéke. JJ esetében azonban a vizsgálat hatására jelentősen növekedett a TP a vizsgálat alatt, és a vizsgálat után ismét csökkent. JJ és Shiny esetében ezen egyedi tendenciák az RMSSD értékeknél is hasonlóan változtak. A TP értékek alapján mindkét kancánál egyértelműen vizsgálat előtt is fennálló extra stresszre gyanakodhatunk. Gipsy esetében is alacsonynak nevezhető a kezdeti TP érték, de a vizsgálat hatására nagyon megnőtt, utána pedig a vizsgálathoz képest csökkenni kezdett. Ez a tendencia is kifejezetten hasonlít ezen kanca RMSSD értékeihez, vagyis a kancát valószínűleg nem terhelte meg a vizsgálat önmagában. Ready és Holly esetében azonban a vizsgálatokra adott stressz vagy egyéb okok indokolhatják a náluk megfigyelt változásokat. Ready és Holly esetében a vizsgálatok hatására csökkent az összes autonóm aktivitás. A vizsgálatok után Readynek további csökkenést mutat a TP értéke, amely előfordulhat, hogy az idősebb korából (23) fakadó gyengébb regenerálódó képességből fakad. Holly Readynél 6 évvel fiatalabb (17), valószínűleg jobb a regenerálódó képessége, mint Readynek, ezért talán ebből fakadhat, hogy a vizsgálatok után ismét fokozódott az autonóm összteljesítmény. Azonban, ha tényleg volt valamilyen esetleges diagnosztizálatlan probléma a háttérben Ready esetén, akkor annak hatása valószínűleg összeadódhatott a vizsgálat hatásával. A nem vemhes csoportot nézve (16. ábra) láthatjuk, hogy Hicory és Soda értékei is igen alacsonyak voltak, de esetükben a tendenciák teljesen eltérnek a Readynél tapasztaltaktól. Az alacsony TP értékek korral való korrelációjának feltevésére Soda és Hicory alaphoz alacsony vizsgálat előtti TP értékei is adhatnak magyarázatot a korábban említett opciók mellett. Misty esetében az alacsony értékeket azonban csak a stresszel, illetve a lappangó betegség hipotézissel tudom alátámasztani. Bee és Candy esetében az összteljesítmény értékek csökkentek a vizsgálat hatására, és míg Bee esete Ready értékeinek tendenciáját követik, addig Candynél megfigyelt változások Hollyéhoz hasonlítanak.

A TP értékekről igen hiányos az állatorvosi szakirodalom, és a szaporodásbiológiai ultrahang vizsgálatok kontextusában lónál nem vizsgálta ezt a paramétert korábban senki. Előfordulhat az is, hogy az igen jelentős, fentebb leírt egyedi eltérések a fentebb felvetett hipotézisek mellett a kancák személyiség típusára, habitusára is visszavezethető valamilyen szinten. Ehhez azonban egyértelműen további kutatásra van szükség, magasabb esetszámokkal, ugyanis a vizsgálataim több kérdést vetettek fel ezzel a mutatóval kapcsolatban, mint amennyire választ adtak.

A 6 vizsgált HRV paraméter átlagértékeit és az értékek szórását (standard deviation – SD) az összes egyed és a két csoport vonatkozásában a 3-8. táblázatokban mutatom be.

A 3. táblázat alapján az átlagos szívfrekvencia értékeket vizsgálva megállapíthatjuk, hogy az összes egyedre nézve nézve a vizsgálat előtti alapértékekhez viszonyítva megfigyelhető a vizsgálatok hatására egy csökkenő tendencia, amely a kezdeti és a vizsgálatkor mért értékekhez képes további csökkenő tendenciát mutatott. Ez a tendencia a vemhes csoportban mindegyik állatnál eltérő mértékben, de megfigyelhető volt (1. ábra). A nem vemhes kancáknál azonban az mHR értékeknél a vizsgálatok hatására azonban erre ellentétes reakció volt megfigyelhető. Ennél a csoport átlagánál a vizsgálatok utáni értékek a vizsgálatok előtti állapothoz képest minimális eltérést tapasztaltunk, kiugró egyéni különbségek nem voltak megfigyelhetőek.

3. táblázat – mHR értékek változása. Jelmagyarázat: ↑ = növekedés, ↓ = csökkenés, Ø = nincs változás. A vizsgálat utáni változást a táblázat végig a vizsgálatához viszonyítva jeleníti meg.

Forrás: saját munka

mHR	Összes egyed átlaga, tendenciája		SD	Vemhes csoport átlaga, tendenciája		SD	Nem vemhes csoport átlaga, tendenciája		SD
Vizsgálat előtt	41.01		5.98	43.39		4.13	38.63		7.03
Vizsgálat	40.78	↓	6.93	39.07	↓	2.696	42.48	↑	9.67
Vizsgálat után	39.99	↓	4.46	41.34	↑	1.14	38.65	↓	6.25

A 4. táblázatnál az RMSSD változásait figyelve láthatjuk, hogy az összes egyedre nézve egyértelműen növekvő tendencia jellemző a vizsgálatkor mért értékek esetében. Ez amiatt van, hogy a vemhes csoport átlaga jelentősen növekedett a vizsgálat hatására, és ez az egyedekre lebontott diagramon (3. ábra) is látszott ez a tendencia. A nem vemhes csoportnál (4. ábra) azonban jelentős egyéni különbségeket figyelhettünk meg, viszont a többségnél az összes egyed átlagainak és a vemhes csoport átlagainak tendenciájával ellentétes volt a változás.

4. táblázat – RMSSD értékek változása. Jelmagyarázat: ↑ = növekedés, ↓ = csökkenés, Ø = nincs változás. A vizsgálat utáni változást a táblázat végig a vizsgálatához viszonyítva jeleníti meg.

Forrás: saját munka

RMSSD (ms)	Összes egyed átlaga, tendenciája		SD	Vemhes csoport átlaga, tendenciája		SD	Nem vemhes csoport átlaga, tendenciája		SD
Vizsgálat előtt	51.23		26.77	57.09		33.27	45.36		20.48
Vizsgálat	55.52	↑	26.31	69.43	↑	30.79	41.61	↓	11.21
Vizsgálat után	53.52	↓	19.81	59.63	↓	24.12	47.40	↑	14.41

Az 5. táblázat alapján az LF normalizált értékeket szemügyre véve megállapíthatjuk, hogy az összes egyedre nézve a vizsgálat előtti értékhez viszonyítva egyértelműen megfigyelhető a vizsgálatok hatására növekvő tendencia, amely a vizsgálat után a vizsgálatkor mért értékekhez képest további növekedést mutatott. Az ultrahang vizsgálatok hatására

növekvő LF n.u. tendenciák mindkét csoport jelentős részénél az egyedek saját magukhoz viszonyított értékeinél megfigyelhetőek voltak (5. és 6. ábra), azonban csak a vemhes csoportra volt igaz a növekvő tendencia a vizsgálatok után. A nem vemhes kancáknál az LF n.u.-knál a vizsgálatok után általánosságban az összes egyed tendenciájával ellentétes reakció volt megfigyelhető. A vizsgálatok utáni értékeknél esetükben minimális eltérést tapasztaltunk az összes egyed átlagához képest.

5. táblázat – LF (n.u.) értékek változása. Jelmagyarázat: ↑ = növekedés, ↓ = csökkenés, Ø = nincs változás. A vizsgálat utáni változást a táblázat végig a vizsgálatához viszonyítva jeleníti meg.

Forrás: saját munka

LF (n.u.)	Összes egyed átlaga, tendenciája		SD	Vemhes csoport átlaga, tendenciája		SD	Nem vemhes csoport átlaga, tendenciája		SD
Vizsgálat előtt	65.53		12.68	65.56		13.57	65.50		13.34
Vizsgálat	67.46	↑	16.403	59.06	↓	19.14	75.87	↑	7.90
Vizsgálat után	71.77	↑	11.03	72.30	↑	9.92	71.24	↓	13.21

A 6. táblázat a HF (n.u.) tendenciáit mutatja be. Az összes egyed átlagainak összehasonlításánál látható, hogy a rektális vizsgálat hatására csökkenő tendencia figyelhető meg. A vizsgálat utáni HF érték csökkenése azonban első sorban a vemhes csoportra volt igaz. Ezen paraméternél igen kiugróan magas és alacsony egyedi különbségeket láttunk, így ezt a táblázatot az egyéni különbségek nélkül, önmagában nem célszerű értelmezni.

6. táblázat – HF (n.u.) értékek változása. Jelmagyarázat: ↑ = növekedés, ↓ = csökkenés, Ø = nincs változás. A vizsgálat utáni változást a táblázat végig a vizsgálatához viszonyítva jeleníti meg.

Forrás: saját munka

HF (n.u.)	Összes egyed átlaga, tendenciája		SD	Vemhes csoport átlaga, tendenciája		SD	Nem vemhes csoport átlaga, tendenciája		SD
Vizsgálat előtt	42.66		13.04	44.23		13.80	41.10		13.63
Vizsgálat	39.07	↓	16.57	46.34	↑	20.05	31.79	↓	9.15
Vizsgálat után	38.20	↓	11.15	37.34	↓	10.05	39.05	↑	13.29

Az LF/HF arány változásait szemléltető táblázat (7. táblázat) átlagértékeit is csak szemléltetésképpen mutatom be, a nagy szórásra való tekintettel, amely mindkét csoport és az az összes egyed minden értékére jellemző volt.

7. táblázat – LF/HF arány változása. Jelmagyarázat: ↑ = növekedés, ↓ = csökkenés, Ø = nincs változás. A vizsgálat utáni változást a táblázat végig a vizsgálathoz viszonyítva jeleníti meg.

Forrás: saját munka

LF/HF arány	Összes egyed átlaga, tendenciája		SD	Vemhes csoport átlaga, tendenciája		SD	Nem vemhes csoport átlaga, tendenciája		SD
Vizsgálat előtt	1.75		0.81	1.64		0.64	1.86		1.03
Vizsgálat	2.18	↑	1.29	1.78	↑	1.58	2.59	↑	0.90
Vizsgálat után	2.12	↓	0.94	2.13	↑	0.93	2.10	↑	1.06

Az összteljesítmény (TP) értékek átlagait és tendenciáit összefoglalva a 8. táblázat jeleníti meg. A TP-nél, akárcsak az LF/HF arányoknál olyan mértékű egyedi különbségek voltak, hogy ezen táblázatot is kizárólag szemléltetés céljából mutatnám be, bármilyen jellegű következtetés helytelen lenne kizárólag a táblázatra alapozva.

8. táblázat – összteljesítmény (TP) változása. Jelmagyarázat: ↑ = növekedés, ↓ = csökkenés. A vizsgálat utáni változást a táblázat végig a vizsgálathoz viszonyítva jeleníti meg.

Forrás: saját munka

Total Power (ms ²)	Összes egyed átlaga, tendenciája		Szórás	Vemhes csoport átlaga, tendenciája		Szórás	Nem vemhes csoport átlaga, tendenciája		Szórás
Vizsgálat előtt	2152.11		2251.63	2693.64		2968.70	1610.57		1364.09
Vizsgálat	2234.90	↑	1711.06	2894.95	↑	2186.15	1574.85	↓	847.94
Vizsgálat után	1971.98	↓	1517.72	2511.25	↓	1939.66	1432.72	↓	832.77

4.3. Következtetések és javaslatok

A vemhes kancák mHR, RMSSD és LF/HF értékeinél a transzrektális vizsgálatok alatt a várakozásokkal ellentétes tendenciákat figyeltünk meg. Az átlagos szívritmus (mHR) általában csökkent, ami stressz hiányára utalhat, holott a korábbi kutatások (Schönborn et al. 2015; Ille et al. 2016) szerint az mHR emelkedni szokott stresszhatás következtében. Az RMSSD értékek az egyes vemhes kancáknál növekedtek, vagy igen kis mértékben csökkentek csak. Az RMSSD növekedése a paraszimpatikus aktivitás fokozódását jelzi, és szintén arra utal, hogy a vemhes kancák kevésbé érzékenyek a vizsgálatok során fellépő stresszre. Az LF/HF arány a legtöbb vemhes egyednél csökkent a vizsgálat során, ami csökkent szimpatikus aktivitást és relaxációt jelez.

A nem vemhes kancáknál a vizsgálat idején növekedett a mHR, ami stresszreakcióra utal, összhangban a szakirodalmi adatokkal. Esetünkben az RMSSD csökkenése és az LF/HF arány emelkedése szimpatikus dominanciára utal, ami megerősíti, hogy ezen csoportban a vizsgálat stresszt váltott ki. Az idősebb kancák (Soda és Hicory) esetében minimális változások figyelhetők meg, ami korábbi iskolaló szerepükkel és az évek során kialakult toleranciájukkal magyarázható.

Fény derült továbbá a vizsgálatom kapcsán, hogy bizonyos HRV paraméterek, mint az RMSSD, LF és HF értékek tekintetében jelentős egyéni eltérések figyelhetők meg, amelyek befolyásolhatják a csoportátlagokból levont következtetéseket. Ez különösen fontos a vemhes kancák csoportjánál, ahol a paraszimpatikus idegrendszeri aktivitás emelkedése az alacsony stressz szintjét tükrözi, míg egyes kancáknál, mint Shiny és Holly, az eredmények mégis stresszre utalnak.

A TP értékek esetében is egyértelműen megfigyelhetők a vizsgálat hatására bekövetkező változások. A vemhes csoportban JJ és Shiny alacsony TP értékei a vizsgálat előtt és alatt is kifejezetten magas stresszre utalnak, míg a nem vemhes kancáknál az idősebb állatok alacsony TP értéke a korral összefüggő csökkenő autonóm idegrendszeri aktivitásra utalhat.

Az eredmények alapján a vemhes kancák kevésbé érzékenyek a vizsgálati stresszre. Javasolt a további vizsgálatok folytatása, különösen a vemhes állatok autonóm idegrendszeri reakcióinak megértése érdekében, mivel ezen csoport eltérően reagál a stresszhelyzetekre a nem vemhes társaikhoz képest. Az idősebb, régebben iskolalóként használt kancák esetében kisebb szívritmusváltozásokat figyeltünk meg, ami a korábbi tapasztalatainkból fakadó nagyobb toleranciával magyarázható. A további vizsgálatoknál fontos figyelembe venni az állatok

életkorát és szerepeit, különösen idősebb tenyészkancák esetében, akiknél a stressztolerancia magasabb lehet.

Javaslom továbbá a tapasztalataink alapján a Total Power értékek vizsgálatát, mert az autonóm idegrendszer aktivitásának átfogó értékelésében hasznos eszköz lehet, különösen a betegségek diagnosztizálásában vagy a stressz mértékének meghatározásában. Javasolt ennek a paraméternek a szélesebb körű alkalmazása a jövőbeli tanulmányokban.

Kutatásunkban egyértelmű egyéni különbségek figyelhetők meg a HRV paraméterek tekintetében. Javasolt az egyes állatok egyéni alapállapotának és stressztűrő képességének figyelembevétele, amely segíthet a csoportátlagokból fakadó félreértések elkerülésében és pontosabb diagnosztikai eredmények elérésében.

Ezen megfigyelések hozzájárulhatnak a lovak stresszreakcióinak jobb megértéséhez, és segíthetik a tenyésztési és állatorvosi gyakorlatot a stresszkezelés és vizsgálati módszerek fejlesztésében, különösen a vemhes kancák és idős állatok esetében.

5. Összefoglalás

Az elmúlt évek kutatásai azt mutatják, hogy a szívritmus-változékonyság jelentős betekintést nyújthat az állatok jóllétébe és egészségi állapotába. A HRV mérése és elemzése ezt azáltal teszi lehetővé, hogy a szimpatikus és paraszimpatikus idegi aktivitás mértékét mutassa meg. Így alkalmazható az akut és krónikus stressz mérésére is, beleértve a mentális stresszt.

A HRV-t lovak esetében a stresszkutatásoknál korábban már sikeresen alkalmazták az agresszív kezelés, az istállózási gyakorlat, a lószállítás, a kiképzés és sportteljesítmény, a rehabilitáció, valamint a fájdalommal vagy betegséggel kapcsolatos stressz vizsgálatára.

A korábbi, lovak szaporodásbiológiai kutatásai során alkalmazott HRV vizsgálatok elemzése a reprodukció státuszáról, a szaporodásbiológiai gondozás részét képező állatorvosi eljárásokról, az ellésről, a csikókorról, valamint az elválasztás okozta stresszről számoltak be. A kancák stresszreakcióinak felmérésére a transzrektális eljárásokkal kapcsolatban a HRV értékelését csupán 3 tanulmányban alkalmazták korábban. Ezen tanulmányok azonban több szempontból nem teljes mértékben összehasonlíthatóak. Ez azért van, mert nem mindegyik tanulmány nézte ugyanazon paramétereket. Azon paraméterek vonatkozásában, amelyeket mégis egységesen vizsgáltak (pl. RMSSD, LF/HF arány), komoly ellentmondások figyelhetők meg, és a rektális ultrahang vizsgálatok állatjóléti megítélését ez megnehezíti.

Saját kutatásomban vemhes és nem vemhes tenyészkancák rektális ultrahang vizsgálatokra adott stresszreakcióját vizsgáltam a HRV mHR, RMSSD, LF és HF normalizált értékek, LF/HF arány és a TP paraméterek elemzésével. A nem vemhes kancák többségénél a vizsgálat idején az mHR, növekedése, RMSSD csökkenése és az LF/HF arány emelkedése alapján a vizsgálat stresszt váltott ki. A vemhes kancák esetében az mHR, RMSSD és LF/HF értékeinél a transzrektális vizsgálatok alatt a vártakkal ellentétes tendenciákat figyeltünk meg. Az átlagos szívritmus általában csökkent, ami stressz hiányára utalhat, holott a korábbi kutatások (Schönborn et al. 2015; Ille et al. 2016) szerint az mHR emelkedni szokott stresszhatásra. Az RMSSD értékek általában növekedtek, és LF/HF arány a legtöbb vemhes egyednél csökkent a vizsgálat során, ami csökkent szimpatikus aktivitást és relaxációt jelez. Azonban jelentős egyéni különbségek mindkét csoportban előfordultak. A TP értékek alkalmazása újdonságnak számított a lovak esetében. Eredményeim alapján a nem vemhes kancáknál az idősebb állatok alacsony TP értéke a korral összefüggő csökkenő autonóm idegrendszeri aktivitásra utalhat. A TP mutató sok információval szolgálhat a lovak jóllétét befolyásoló stresszorokról, azonban a korrekt értelmezéséhez további kutatásokra van szükség.

6. Köszönetnyilvánítás

Ezen kutatás nem valósulhatott volna meg a konzulenseim és a szüleim támogatása nélkül. Ezúton is szeretném megköszönni nekik, hogy mellettem voltak, és segítették a tőlük telhető minden módon ennek a projektnek a megvalósulását.

A szakdolgozatom kutatása valójában a konzulenseim és általam közösen végzett 4. kutatás volt. A transzrektális ultrahangozás HRV-re gyakorolt hatásaival kapcsolatos kutatást több ízben megpróbáltuk megvalósítani, azonban az ezekből származó RR-intervallumok értékelésénél szembesültünk azzal, hogy rengeteg jelhibás mérésünk született. Mindez annak ellenére, hogy a kísérleteket sikeresen végig csináltuk, az órák és szenzorok gyártói utasításai és a korábbi szakirodalomban leírtaknak megfelelően kivitelezve. Ezen kutatások 2023 nyarán egy Shagya arab magántenyésztőnél zajlottak 2x2 hétig, illetve egy híres állami ménésnél 4 hétig, valamint 2023 nyarán Hévízgyörkön és Szlovákiában egy-egy magánménésnél 1-1 napig zajlottak.

Köszönöm a fentebb említett lótulajdonosoknak, intézményvezetőknek, ménésvezetőknek, csikósoknak, akik lehetővé tették a kutatásokat, és segítették a közös munkát bármilyen formátumban.

Remélem, hogy ezen szavak tükrözik azt a rengeteg munkát és a rengeteg pozitív tapasztalatot, amelyek a jelen dolgozathoz a képektől eltekintve eredményekkel nem tudtak hozzájárulni, de tapasztalatokkal gazdagítottak, és segítettek azzá válnom, aki ma vagyok.

Köszönöm a legközelebbi barátaimnak és a páromnak, hogy a nehéz pillanatoknál tartottátok bennem a lelket. Akkor is, amikor majdnem feladtam mindent.

A konzulenseim, és a szüleim a kutatásokat igen komolyan és javarészt saját erőforrásokkal támogatták, a benzinköltségtől a szálláson át, az ultrahang gélt tartalmazó kannáig. Konzulenseim szakmai tudása is kiemelendő, azonban elszántságuk nélkül nem valósulhatott volna meg sem a szakdolgozatom, sem a TDK dolgozatom.

Örökké hálával tartozom nektek.

7. Irodalomjegyzék

1. AboEl-Maaty, A. (2011): Stress and its effects on horses' reproduction. *Veterinary Science Development*, 1, 13. <https://doi.org/10.4081/vsd.2011.3440>
2. Apor, P. – Petrekanich, M. – Számadó, J. (2009): HRV-analízisről a sportban és a klinikumban. *Orvosi Hetilap*, 150(18), 847–853. <https://doi.org/10.1556/oh.2009.28605>
3. Balog, E. (2015): *A szívfrekvencia-változékonyság vizsgálata vemhes és nem vemhes lipicai kancákban*. [TDK dolgozat] Budapest: Állatorvostudományi Egyetem, Lógyógyászati Tanszék pp. 5-7.
4. Baska-Vincze, B – Baska, F. – Szenci, O. (2015): Fetal heart rate and fetal heart rate variability in Lipizzaner broodmares. *Acta Veterinaria Hungarica*, 63(1), 89–99. <https://doi.org/10.1556/AVet.2015.007>
5. Bekoff, M. (2009): *Encyclopedia of animal rights and animal welfare, volume 1*. Greenwood Press; 2nd edition, p. 34, 52.
6. Berghold, P. – Möstl, E. – Aurich, C. (2007): Effects of reproductive status and management on cortisol secretion and fertility of oestrous horse mares. *Animal Reproduction Science*, 102(3-4), 276–285. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.11.009>
7. Bohák, Z. – Szabó, F. – Beckers, J. F. – Melo de Sousa, N. – Kutasi, O. – Nagy, K. – Szenci, O. (2013): Monitoring the circadian rhythm of serum and salivary cortisol concentrations in the horse. *Domestic Animal Endocrinology*, 45(1), 38–42. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2013.04.001>
8. Bohák, Z. – Harnos, A. – Joó, K. – Szenci, O. – Kovács, L. (2018): Anticipatory response before competition in Standardbred racehorses. *PloS One*, 13(8), e0201691. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201691>
9. Bowen, I. M. (2010): Ambulatory electrocardiography and heart rate variability. In C. M. Marr & I. M. Bowen (Eds.), *Cardiology of the horse* (2nd ed., pp. 127–137). W. B. Saunders
10. Bucca, S. – Fogarty, U. – Collins, A. – Small, V. (2005): Assessment of feto-placental well-being in the mare from mid-gestation to term: transrectal and transabdominal ultrasonographic features. *Theriogenology*, 64(3), 542–557. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.05.011>
11. Bucsi, L. (1998): A ló egészségvédelme. In: Bodó Imre – Hecker Walter (szerk.): *Lótenyésztők kézikönyve*. Mezőgazda Kiadó, p. 386.
12. Csepeli, E. (2017): *A szívfrekvencia-változékonyság kutatása lovakban*. [Szakdolgozat] Budapest: Állatorvostudományi Egyetem, Állattenyésztési, Takarmányozási, és Laborállat-tudományi Tanszék pp. 5-19.
13. Daley, C. A. – Macfarlane, M. S. – Sakurai, H. – Adams, T. E. (1999): Effect of stress-like concentrations of cortisol on follicular development and the preovulatory surge of LH in sheep. *Journal of Reproduction and Fertility*, 117(1), 11–16. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.1170011>
14. Diego, R. – Douet, C. – Reigner, F. – Blard, T. – Cognié, J. – Deleuze, S. – Goudet, G. (2016): Influence of transvaginal ultrasound-guided follicular punctures in the mare on heart rate, respiratory rate, facial expression changes, and salivary cortisol as pain scoring. *Theriogenology*, 86(7), 1757–1763. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.05.040>
15. Erber, R. – Wulf, M. – Rose-Meierhöfer, S. – Becker-Birck, M. – Möstl, E. – Aurich, J. – Hoffmann, G. – Aurich, C. (2012): Behavioral and physiological responses of young horses to different weaning protocols: A pilot study. *Stress (Amsterdam, Netherlands)*, 15(2), 184–194. <https://doi.org/10.3109/10253890.2011.606855>
16. Fripiat, T. – van Beekhoven, C. – Moyse, E. – Art, T. (2021): Accuracy of a heart rate monitor for calculating heart rate variability parameters in exercising horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 104, 103716. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2021.103716>
17. Gál B. (2017): *Biológia 11.: a sejt és az ember biológiája*. Tizennegyedik, változatlan kiadás. Szeged: Mozaik Kiadó. p. 187.
18. Ginther, O. J. (1986): *Ultrasonic imaging and reproductive events in the mare*. Cross Plains, WI: Equiservices Publishing.
19. Ginther, O.J. – Griffin, P.G. (1994): Natural outcome and ultrasonic identification of equine fetal twins. *Theriogenology*, 41(5), 1193-1199. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(05\)80041-X](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(05)80041-X)
20. Ginther, O. J. (1995): *Ultrasonic imaging and animal reproduction: Fundamentals book 1*. Equiservices Publishing. pp. 7-22.
21. Ginther, O. J. (2014): How ultrasound technologies have expanded and revolutionized research in reproduction in large animals. *Theriogenology*, 81(1), 112-125. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.09.007>

22. Gygax, L. – Neuffer, I. – Kaufmann, C. – Hauser, R. – Wechsler, B. (2008): Restlessness behaviour, heart rate and heart-rate variability of dairy cows milked in two types of automatic milking systems and auto-tandem milking parlours. *Applied Animal Behaviour Science*, 109(2–4), 167–179.
<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.03.010>
23. Hagen, K. – Langbein, J. – Schmied, C. – Lexer, D. – Waiblinger, S. (2005): Heart rate variability in dairy cows-influences of breed and milking system. *Physiology & behavior*, 85(2), 195–204.
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2005.03.019>
24. Hernandez, C. E. – Thierfelder, T. – Svennersten-Sjaunja, K. – Berg, C. – Orihuela, A. – Lidfors, L. (2014): Time lag between peak concentrations of plasma and salivary cortisol following a stressful procedure in dairy cattle. *Acta veterinaria Scandinavica*, 56(1), 61. <https://doi.org/10.1186/s13028-014-0061-3>
25. Hoffmann, D. (2015): *A rektális vizsgálat hatása a tehenek szív működési paramétereire*. [Szakdolgozat] Budapest: Állatorvostudományi Egyetem, Állathigiéniai, Állomány-egészségtani és Állatorvosi Etológiai Tanszék pp. 10-21.
26. Ille, N. – Erber, R. – Aurich, C. – Aurich, J. (2014): Comparison of heart rate and heart rate variability obtained by heart rate monitors and simultaneously recorded electrocardiogram signals in non-exercising horses. *Journal of Veterinary Behavior. Volume 9, Issue 6*,
<https://doi.org/10.1016/j.jveb.2014.07.006>
27. Ille, N. – Aurich, C. – Aurich, J. (2016): Physiological stress responses of mares to gynecologic examination in veterinary medicine. *Journal of Equine Veterinary Science*, 43, 6–11.
<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.04.010>
28. Jeffcott, L. B. – Whitwell, K. E. (1973): Twinning as a cause of foetal and neonatal loss in the Thoroughbred mare. *Journal of Comparative Pathology*, 83(1), 91-106. [https://doi.org/10.1016/0021-9975\(73\)90032-7](https://doi.org/10.1016/0021-9975(73)90032-7)
29. Jensen, P. – Keeling, L. (2002): Behavioural disturbance, stress and welfare. In P. Jensen (Ed.), *The ethology of domestic animals: An introductory text* (pp. 79–98). CABI Publishing.
30. Kézér, F. L. – Kovács, L. – Tőzsér, J. (2015): Step behaviour and autonomic nervous system activity in multiparous dairy cows during milking in a herringbone milking system. *Animal*, 9(8), 1393–1396.
<https://doi.org/10.1017/S1751731115000130>
31. 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.
<https://doi.org/10.1186/1756-0500-4-259>
32. Kovács, L. – Nagy, K. – Szelényi, Z. – Szenci, O. – Tőzsér, J. (2012): Heart rate variability as a measure of stress in cattle: Biological background, methods of measurement and results - A review [In Hungarian]. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 134, 515–523.
33. Kovács, L. – Tőzsér, J. – Szenci, O. – Póti, P. – Kézér, F. L. – Ruff, F. – Gábrriel-Tőzsér, G. – Hoffmann, D. – Bakony, M. – Jurkovich, V. (2014): Cardiac responses to palpation per rectum in lactating and nonlactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 97(11), 6955–6963.
<https://doi.org/10.3168/jds.2014-8327>
34. Kovács, L. – Kézér, L. – Kulcsár-Huszenicza, M. – Ruff, F. – Szenci, O. – Jurkovich, V. (2016): Hypothalamic–pituitary–adrenal and cardiac autonomic responses to transrectal examination differ with behavioral reactivity in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99, <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10454>
35. Lenoir, A., Trachsel, D. S., Younes, M., Barrey, E., & Robert, C. (2017): Agreement between Electrocardiogram and Heart Rate Meter Is Low for the Measurement of Heart Rate Variability during Exercise in Young Endurance Horses. *Frontiers in veterinary science*, 4, 170.
<https://doi.org/10.3389/fvets.2017.00170>
36. Macfarlane, M. S. – Breen, K. M. – Sakurai, H. – Adams, B. M. – Adams, T. E. (2000): Effect of duration of infusion of stress-like concentrations of cortisol on follicular development and the preovulatory surge of LH in sheep. *Animal reproduction science*, 63(3–4), 167–175.
[https://doi.org/10.1016/s0378-4320\(00\)00179-2](https://doi.org/10.1016/s0378-4320(00)00179-2)
37. Malschitzky, E. – Pimentel, A. M. – Garbade, P. – Jobim, M. – Gregory, R. M. – Mattos, R. C. (2015): Management Strategies Aiming to Improve Horse Welfare Reduce Embryonic Death Rates in

- Mares. *Reproduction in domestic animals* = *Zuchthygiene*, 50(4), 632–636.
<https://doi.org/10.1111/rda.12540>
38. Mann, G. E. (2001): Pregnancy rates during experimentation in dairy cows. *The Veterinary Journal*, 161(3), 301–305. <https://doi.org/10.1053/tvjl.2000.0522>
 39. McEwen, B. S. (1999): Stress and hippocampal plasticity. *Annual review of neuroscience*, 22, 105–122. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.22.1.105>
 40. Mohr, E. – Langbein, J. – Nürnberg, G. (2002): Heart rate variability: a noninvasive approach to measure stress in calves and cows. *Physiology & behavior*, 75(1-2), 251–259. [https://doi.org/10.1016/s0031-9384\(01\)00651-5](https://doi.org/10.1016/s0031-9384(01)00651-5)
 41. Nagel, C. – Aurich, J. – Palm, F. – Aurich, C. (2011): Heart rate and heart rate variability in pregnant warmblood and Shetland mares as well as their fetuses. *Animal Reproduction Science*, 127(3–4), 183–187. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2011.07.021>
 42. Nayak, S. K. – Pradhan, B. – Mohanty, B. – Sivaraman, J. – Ray, S. S. – Wawrzyniak, J. – Jarzębski, M. – Pal, K. (2023): A review of methods and applications for a heart rate variability analysis. *Algorithms*, 16(9), 433. <https://doi.org/10.3390/a16090433>
 43. Nyerges-Bohák, Z. – Joó, K. – Tóthné, K. – Kovács, L. (2020): A szívritmus-változékonyság szerepe a lósportban: Irodalmi összefoglaló [Heart rate variability measurements in equine exercise physiology: Literature review]. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 142, 643–652.
 44. Nyerges-Bohák, Z. – Nagy, K. – Rózsa, L. – Póti, P. – Kovács, L. (2021): Heart rate variability before and after 14 weeks of training in Thoroughbred horses and Standardbred trotters with different training experience. *PloS one*, 16(12), e0259933. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259933>
 45. Nyerges-Bohák, Z. – Kovács, L. – Povázsai, Á. – Hamar, E. – Póti, P. – Ladányi, M. (2024): Heart rate variability in horses with and without severe equine asthma. *Equine Veterinary Journal*. <https://doi.org/10.1111/evj.14414>
 46. Parker, M. – Goodwin, D. – Eager, R. – Redhead, E. – Marlin, D. (2010): Comparison of Polar W heart rate interval data with simultaneously recorded ECG signals in horses. *Comparative Exercise Physiology*, 6, 137–144. <https://doi.org/10.1017/S1755254010000024>
 47. Pawluski, J. – Jegó, P. – Henry, S. – Bruchet, A. – Palme, R. – Coste, C. – Hausberger, M. (2017): Low plasma cortisol and fecal cortisol metabolite measures as indicators of compromised welfare in domestic horses (*Equus caballus*). *PLoS ONE*, 12(9), e0182257. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182257>
 48. Peeters, M. – Sulon, J. – Beckers, J.-F. – Ledoux, D. – Vandenheede, M. (2010): Comparison between blood serum and salivary cortisol concentrations in horses using an adrenocorticotrophic hormone challenge. *Equine Veterinary Journal*, 42(6), 560–563. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00294>
 49. Pierson, R. A. – Kastelic, J. P. – Ginther, O. J. (1988): Basic principles and techniques for transrectal ultrasonography in cattle and horses. *Theriogenology*, 29(1), 3–20. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(88\)90028-3](https://doi.org/10.1016/0093-691X(88)90028-3)
 50. Renaudin, C. D. – Troedsson, M. H. – Gillis, C. L. – King, V. L. – Bodena, A. (1997): Ultrasonographic evaluation of the equine placenta by transrectal and transabdominal approach in the normal pregnant mare. *Theriogenology*, 47(2), 559–573. [https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(97\)00014-9](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(97)00014-9)
 51. Rietmann, T.R. – Stuart, A.E.A. – Bernasconi, P. – Stauffacher, M. – Auer, J.A. – Weishaupt, M.A. (2004): Assessment of mental stress in warmblood horses: heart rate variability in comparison to heart rate and selected behavioural parameters, *Applied Animal Behaviour Science*, Volume 88, Issues 1–2, Pages 121–136. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.02.016>
 52. Schmidt, A. – Möstl, E. – Wehnert, C. – Aurich, J. – Müller, J. – Aurich, C. (2010): Cortisol release and heart rate variability in horses during road transport. *Hormones and behavior*, 57(2), 209–215. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2009.11.003>
 53. Schönbom, H. – Kassens, A. – Hopster-Iversen, C. – Klewitz, J. – Piechotta, M. – Martinsson, G. – Kißler, A. – Burger, D. – Sieme, H. (2015): Influence of transrectal and transabdominal ultrasound examination on salivary cortisol, heart rate, and heart rate variability in mares. *Theriogenology*, 83(4), 749–756. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.11.010>
 54. Selye, H. A. (1936): Syndrome produced by Diverse Nocuous Agents. *Nature* 138, 32. <https://doi.org/10.1038/138032a0>

55. Shaffer, F. – Ginsberg, J. P. (2017): An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in public health*, 5, 258. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>
56. Sikorska, U. – Maśko, M. – Ciesielska, A. – Zdrojkowski, Ł. – Domino, M. (2023): Role of cortisol in horse's welfare and health. *Agriculture*, 13(12), 2219. <https://doi.org/10.3390/agriculture13122219>
57. Stachurska A. – Kędzierski W. – Kaczmarek B. – Wiśniewska A. – Żylińska B. – Janczarek I. (2023): Variation of Physiological and Behavioural Parameters during the Oestrous Cycle in Mares. *Animals*, 13(2):211. <https://doi.org/10.3390/ani13020211>
58. Stout T. (2002): Sonographic Monitoring of Early Pregnancy in the Mare. *BMUS Bulletin*. 10(2):26-33. <https://doi.org/10.1177/1742271X0201000205>
59. Stucke, D. – Große Ruse, M. – Lebelt, D. (2015): Measuring heart rate variability in horses to investigate the autonomic nervous system activity – Pros and cons of different methods. *Applied Animal Behaviour Science*, 166, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.02.007>
60. Squires, E. L. – Tarr, S. F. – Shideler, R. K. – Cook, N. L. (1994): Use of transvaginal ultrasound-guided puncture for elimination of equine pregnancies during days 50 to 65. *Journal of Equine Veterinary Science*, 14(4), 203-206. [https://doi.org/10.1016/S0737-0806\(06\)81917-9](https://doi.org/10.1016/S0737-0806(06)81917-9)
61. Terlouw, E. M. C. – Schouten, W. G. P. – Ladewig, J. (1997): Physiology. In M. C. Appleby & B. O. Hughes (Eds.), *Animal welfare* (pp. 143–158). CAB International.
62. Tiwari, R. – Kumar, R. – Malik, S. – Raj, T. – Kumar, P. (2021): Analysis of Heart Rate Variability and Implication of Different Factors on Heart Rate Variability. *Current cardiology reviews*, 17(5), e160721189770. <https://doi.org/10.2174/1573403X16999201231203854>
63. Van Steenkiste, G. – van Loon, G. – Crevecœur, G. (2020): Transfer learning in ECG classification from human to horse using a novel parallel neural network architecture. *Scientific Reports*, 10, 186. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57025-2>
64. Varshney, J. P. (2022): *Ultrasound in veterinary medicine: Fundamentals and applications*. NIPA. pp. 2 – 6.
65. Verheyen, T. – Decloedt, A. – Clercq, D. – Deprez, P. – Sys, S. U. – van Loon, G. (2010): Electrocardiography in horses - Part 1: How to make a good recording. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, 79, 331–336. <https://doi.org/10.21825/vdt.87463>
66. Vincze B. N. (2015): Csikómagzatok egészségi állapotának vizsgálata lipicai kancákban. [PhD-értekezés] Budapest, SZIE Állatorvostudományi Doktori Iskola. pp. 20–22, 24–29. <https://doi.org/10.14751/SZIE.2015.056>
67. von Borell, E. – Langbein, J. – Després, G. – Hansen, S. – Leterrier, C. – Marchant, 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 & behavior*, 92(3), 293–316. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.01.007>
68. Yáñez, U. – Murillo, A. V. – Becerra, J. J. – Herradón, P. G. – Peña, A. I. – Quintela, L. A. (2023): Comparison between transrectal palpation, B-mode and Doppler ultrasonography to assess luteal function in Holstein cattle. *Frontiers in Veterinary Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1162589>

7.1.1 Rövidített, gyakran használt, idegennyelvi eredetű kifejezések jegyzéke

CTUP (Combined Thickness of the Uterus and Placenta)	Méh és méhlepény együttes vastagsága
FCM (Fecal Cortisol Metabolites)	Fekális (bél­sár) kortizol metabolitok
EKG	Elektrokardiogram
HR (Heart Rate)	szívritmus, szívfrekvencia, pulzus
HRV (Heart Rate Variability)	szívfrekvencia-változékonyság, szívfrekvencia-variabilitás, szívritmus-változékonyság
HRM (Heart Rate Monitor)	hordozható pulzuszámoló készülék, érzékelő
IBI (Inter-beat_interval, beat-to-beat interval)	egymást követő szívverések között eltelt idő
RR-intervallum	két R-hullám közötti időbeli távolság
mRR (mean RR)	RR intervallumok közötti átlagos időbeli távolság
SDRR (Standard Deviation of RR intervals)	az RR intervallumok szórása
SDNN (Standard Deviation of NN intervals)	a normális RR intervallumok szórása
mHR (mean HR)	a szívfrekvencia átlaga
SDHR (Standard Deviation HR)	a szívfrekvencia szórása
RMSSD (Root Mean Square of Successive Differences)	a szomszédos szívverések között eltelt idő különbségeinek négyzetgyöke
NN50 (mean number of times in which the change of NN intervals exceeds 50 ms)	adott szakaszon vizsgált RR-intervallumok átlaga, melyek az előzőtől több, mint 50 ms-al különböznek egymástól
pNN50 (% of consecutive RR intervals differing >50 ms)	adott szakaszon vizsgált RR-intervallumok százalékos aránya, melyek az előzőtől több, mint 50 ms-al különböznek egymástól
PSD (Power Spectral Density)	teljesítmény spektrális sűrűsége
FFT (Fast Fourier Transform)	gyors Fourier transzformáció
ULF (Ultra Low Frequency)	ultraalacsony frekvencia tartomány/teljesítmény
VLF (Very Low Frequency)	nagyon alacsony frekvencia tartomány/teljesítmény
LF (Low Frequency)	alacsony frekvencia tartomány/teljesítmény
HF (High Frequency)	magas frekvencia tartomány/teljesítmény
LF (n.u.) (Low Frequency in normalized units)	alacsony frekvenciájú teljesítmény normalizált értéke
HF (n.u.) (High Frequency in normalized units)	magas frekvenciájú teljesítmény normalizált értéke
LF/HF ratio	LF/HF arány
TP (Total Power)	az autonóm idegrendszer összteljesítménye
SD (standard deviation)	szórás

7.1.2 Táblázatok jegyzéke

	<i>Oldalszám</i>	<i>Táblázat elnevezése</i>
1. táblázat	12.	A HRV elemzési módszerek és legfontosabb paraméterek összefoglalása
2. táblázat	23.	Irodalmi összefoglaló a kancáknál végzett szaporodásbiológiai vizsgálatok hatásáról
3. táblázat	36.	mHR értékek változása
4. táblázat	36.	RMSSD értékek változása
5. táblázat	37.	LF (n.u.) értékek változása
6. táblázat	37.	HF (n.u.) értékek változása
7. táblázat	38.	LF/HF arány változása
8. táblázat	38.	Az összteljesítmény (TP) változása

7.1.3 Ábrák jegyzéke

	<i>Oldalszám</i>	<i>Ábra elnevezése</i>
1. ábra	10.	Az egészséges ló EKG részei
2. ábra	15.	Spektrális elemzés a Kubios szoftverben
3. ábra	25.	Polar HRM és heveder felhelyezése
4. ábra	25.	Kanca a Polar Equine hevederrel és H10 HMR-rel a kalodában, vizsgálatkor
5. ábra	26.	mHR értékek a vemhes csoportnál
6. ábra	26.	mHR értékek a nem vemhes csoportnál
7. ábra	27.	RMSSD értékek a vemhes csoportnál
8. ábra	27.	RMSSD értékek a nem vemhes csoportnál
9. ábra	29.	LF (n.u.) értékek a vemhes csoportnál
10. ábra	29.	LF (n.u.) értékek a nem vemhes csoportnál
11. ábra	30.	HF (n.u.) értékek a vemhes csoportnál
12. ábra	31.	HF (n.u.) értékek a nem vemhes csoportnál
13. ábra	32.	LF/HF arány a vemhes csoportnál
14. ábra	32.	LF/HF arány a nem vemhes csoportnál
15. ábra	34.	Total Power értékek a vemhes csoportnál
16. ábra	34.	Total Power értékek a nem vemhes csoportnál

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Fülöp Tünde Gréta
A Hallgató Neptun kódja: Y5U0YS
A dolgozat címe: Ultrahangos szaporodásbiológiai vizsgálatok során tapasztalt stresszhatások mérése kancáknál
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Állattenyésztési Tudományok Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Precíziós Állattenyésztési és Állattenyésztési Biotechnikai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottnak tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: Budapest, 2024.11.04

Fülöp Tünde Gréta
Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Fülöp Tünde Gréta (hallgató Neptun azonosítója: Y5U0YS) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / **nem javaslom**¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: Gödöllő, 2024.11.04



belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.

NYILATKOZAT

FÜLÖP Tünde Greta (név) (hallgató Neptun azonosítója: Y5U0YS) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: FÜLÖP, 2024.11.04

Dr. Molnár Tünde
belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

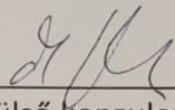
NYILATKOZAT

Fülöp Tünde Griha (név) (hallgató Neptun azonosítója: Y5U0YS) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem²

Kelt: Budapest, 2024.11.04


külső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.