

Animal welfare, etológia és tartástechnológia



Animal welfare, ethology and housing systems

Volume 7

Issue 4

Különszám

Gödöllő
2011



A SZÍVRITMUS-VARIANCIA VIZSGÁLATOK MÓDSZERTANI KÉRDÉSEI SZARVASMARHÁBAN

Irodalmi áttekintés

Kovács Levente, Szentléleki Andrea, Tőzsér János

Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Állattenyésztés-tudományi Intézet,
Szarvasmarha- és Juhtenyésztési Tanszék
2103. Gödöllő, Páter Károly u. 1.
Kovacs.Levente@mkk.szie.hu

Összefoglalás

A szívritmus-variancia mérése egy olyan nem invazív módszer, mely alkalmazásával lehetőség nyílik a szimpatikus és paraszimpatikus idegi aktivitás egymástól független vizsgálatára, valamint a kettő arányának megállapítására. Összefoglaló tanulmányunkban bemutatjuk a szívritmus-variancia kutatásának jelentőségét humán, és alkalmazott állattenyésztési vonatkozásban. Elsődleges célunk a szívritmus-variancia kutatások biológiai hátterének áttekintése, nagy hangsúlyt fektetve a kiértékelő módszerek alapját képző összefüggések ismertetésére, különös tekintettel a vegetatív idegrendszer és a szívritmus-variancia kapcsolatára. Tárgyaljuk a szabadon mozgó állatok szívritmus és szívritmus-variancia mérésének módszertanát, bemutatjuk a kutatásokban leggyakrabban alkalmazott műszertípusokat és technikai elemeket. A mérések szakszerű kivitelezését a szarvasmarha fajban közölt külföldi tanulmányok alapján értékeljük. Ismertetjük a szívritmus-variancia idő- és frekvencia-tartományban végzett elemzését. Kitérünk a mérések kivitelezésének és az eredmények kiértékelésének nehézségeire, felhívjuk a figyelmet a módszer korlátaira és ezek lehetséges leküzdési lehetőségeire.

Kulcsszavak: szívritmus-variancia, szarvasmarha, a vizsgálatok módszertana, időtartományban végzett elemzés, frekvenciatartományban végzett elemzés.

The questions of the methodology of heart rate variability researches in cattle – a review

Abstract

Measuring heart rate variability is such a non-invasive method, which can give the possibility to assess the sympathetic/parasympathetic activity separately and to allocate the balance of both. In this study a summary is presented account of the importance of the research into heart rate variability in terms of humans and applied animal breeding. A survey of the biological background of researching heart rate variability emphasizing on the coherences constituting the basis of evaluating methods, especially the relation between the autonomic nervous system and heart rate variability is given. The methodology of measuring heart rate and heart rate variability of free-living animals is discussed. The equipments and technical elements applied the most frequently in the researches are shown. In detail the proper execution of measuring on the basis of foreign studies on cattle is evaluated. The time and the frequency domain analysis of heart rate variability are presented. The difficulties of the execution of measuring and the evaluation of the results are touched upon. The limits of the method are also pointed out, as well as the possibilities how to overcome these.

Keywords: heart rate variability, cattle, the methodology of the researches, time-domain analysis, frequency-domain analysis.

Bevezetés

A XX. század végére számos kutatás igazolta, hogy a környezethatások, valamint a csoportos tartásból fakadó szociális interakciók hatásai jól kimutathatók az állatok etológiai és fiziológiai paraméter-változásaival. Háziállat fajokban a különböző hormonok, illetve egyes vérparaméterek meghatározása már régóta elfogadott módja a stressz kimutatásának (*von Borell, 2000*). A legújabb kutatások tanúsága szerint a szívritmus-variancia vizsgálatával folyamatos és hosszú távú mérések kivitelezésére is lehetőség adódik. A felettébb sok, humán kutatásban megjelent publikáció ellenére ugyanakkor a HRV kutatása az alkalmazott állattenyésztés, illetve az állattológia területén a HR-mérésekkel ellentétben még gyermekcipőben jár. Bár szarvasmarhában az ezredforduló után a HRV-vel foglalkozó kísérletek száma megnőtt, a vizsgálatok technikai kivitelezését megkönnyítő nagy testméret ellenére, relatíve kevésnek mondható az a 11 tanulmány, mely e téma kutatásával foglalkozik. Ennek oka mérések nehézkes kivitelezhetősége, mely

általában a terepi körülményekből adódik, legtöbbször ugyanis a termelési környezetben szabadon mozgó állatokon folynak a vizsgálatok. Összefoglaló munkánkban éppen ezért a kutatások sikerességét leginkább meghatározó módszertani kérdéseket tárgyaljuk szarvasmarhában.

A szívritmus-variancia és a stressz

Az EKG két szomszédos R hulláma között eltelt időt RR-intervallumnak, másképpen fogalmazva két szívverés között eltelt időnek (inter-beat interval, IBI) nevezzük (1. ábra).

1. ábra: A szarvasmarha EKG-görbéje (Minero és mtsai, 2001)

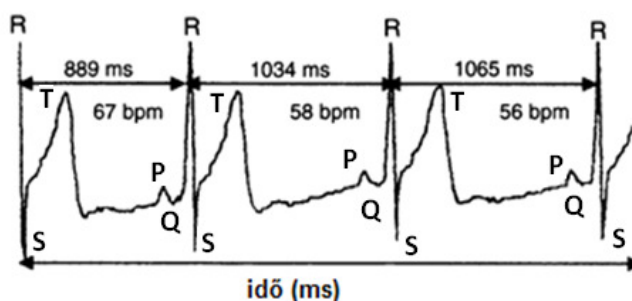


Figure 1: The EKG waveform of the cattle (Minero et al., 2001)

A szívritmus-variancia (heart rate variability, HRV) alapja, hogy egészséges állatoknál az egymást követő IBI-ok nem egyforma hosszúságúak és folyamatos változásuk jól tükrözi az állatok változó pszicho-fiziológiai állapotát (Tóthné Maros és mtsai., 2010). Viselkedés-életteni kutatásokban való népszerűsége abból adódik, hogy monitorozása technikailag könnyű, az orvostudományban igen régen alkalmazott EKG-, illetve az artériás pulzusmérésen alapszik.

A HRV stresszindikátorként való alkalmazása a keringési rendszer beidegződésén alapul. A szív működését ugyanis alapvetően a vegetatív idegrendszer két nagy alrendszere, illetve tónusuk szabályozza. A szimpatikus rendszer elsősorban az alarmban jelentkező vészreakciókat vezérli, míg a paraszimpatikus ágak főleg a szervezet nyugalmi állapotát szolgáló funkciói vannak. A HRV mérésével egy időben követhetjük nyomon a szimpatikus és paraszimpatikus idegi aktivitást, továbbá lehetőségünk nyílik ezek szétválasztására is (von Borell és mtsai., 2007). Mivel stresszhelyzetben a paraszimpatikus hatás általában lecsökken, a szimpatikus hatás pedig felerősödik, a HRV az állati szervezetre ható stressztényezők mutatója is lehet.

A vizsgálatok módszertana szarvasmarhában

Szarvasmarhában végzett kutatásokban a szerzők hordozható HR-mérő műszereket, elsősorban a finn *Polar Electro Oy* termékeit használják. Ezeket a kereskedelemben kapható műszertípusokat eredetileg sportolóknak, sportorvosoknak, illetve a témában kutatást végzőknek fejlesztették ki. A Polar cég modelljei közül a Sport Tester, a Horse Trainer, az S810i, illetve a korábban kifejlesztett, kevesebb adat tárolására képes Vantage NV típusokat alkalmazzák a leggyakrabban. Ezeket a műszereket főleg állatorvosi, az alkalmazott állattenyésztés tudományterületén pedig etológiai és viselkedés-életteni kutatásokban használják (*Marchant-Forde és mtsai.*, 2004; *Hagen és mtsai.*, 2005). Az újabb modellek már 24 órás ambuláns mérést is végre tudnak hajtani.

Az testre erősíthető eszközök egy hámból állnak, amely két elektródát tartalmaz. A nagytestű állatoknál (ló, szarvasmarha, sertés) végzett kísérletek során a HR-mérő műszereket a kutatók legtöbbször erős bőrből vagy más rugalmatlan anyagból készült hevederekkel rögzítik. Szarvasmarhában általában két különálló elektródát és egy specifikus jeladót alkalmazunk (1-2. kép).

1-2. kép: Polar Equine mérőberendezés tartozékaival, illetve erős bőr hevederbe helyezve



Photo 1-2: Polar Equine equipment and accessories in a strong leather girth

Fotók: Szentléleki Andrea és Kovács Levente

A leggyakrabban az egyik elektródát a mellkas bal oldalán, a szegycsont tájékán, a másikat a jobb lapocka fölött helyezik el.

Az állatok testfelületéről egyes kutatók (*Després és mtsai.*, 2002; *Mohr és mtsai.*, 2002) az elektródához való érintkezés helyén leborotválták a szőrt, míg mások ezt nem tartották szükségesnek (*Hagen és mtsai.*, 2005; *Schmied és mtsai.*, 2008). A testfelületet minden esetben megtisztították, és az optimális

elektroda-bőr érintkezés érdekében elektroda-gélt alkalmaztak, mely hosszabb távú mérésekhez elengedhetetlen.

Nagy kihívást jelent a kutatók számára a műszerek rögzítése az állatokon. A nem megfelelő bőr-elektroda kapcsolat ugyanis a bőr nedvességén, az elektroda-gél mennyiségén kívül az alkalmazott heveder típusától, a rögzítés erősségétől is függ. *Janžekovič és mtsai.* (2006) 180 kg alatti testtömegű szarvasmarhák esetében a készülékek rögzítésére megfelelőnek találta a rugalmas gumihevedert. Borjakkal végzett vizsgálatoknál (*Clapham és mtsai.*, 2004; *Després és mtsai.*, 2002; *Mohr és mtsai.*, 2002) a fent említett rögzítési mód megfelelőnek mondható, ugyanakkor kifejllett állatoknál a jeladót és az elektroдахámot erős, szorosra állított, rugalmatlan hevederrel ajánlott rögzíteni. Ez a megoldás – főleg kötetlen istállóban végzett kísérleteknél – az állat mozgásából (felkelés, lefekvés, séta, futás) adódó gyakori elmozdulásokat megakadályozza. Ezek legtöbbször bőrből készült csatos hevederek vagy megfelelően erős szíjak, melyeket az állat mellkasán rögzítenek. A HR-mérő órákat kívülről erősítik ezekhez (2-3. kép).

2-3. kép: A műszer rögzítése az állatokon



Photo 3-4: The fixed equipment on the animals

Fotó: Kovács Levente

A vizsgálati állatok műszerekhez való szoktatásának fontosságára több szerző is felhívja a figyelmet. *Janžekovič és mtsai.* (2006) holstein-fríz és szimentáli fajtákban végzett kutatásában 5 napos adaptációs időt határoztak meg. Más kutatók ennél rövidebb, 24 (*Brosh*, 2007), illetve 12 órás (*Gygax és mtsai.*, 2008) adaptációs idővel végezték kísérleteiket, míg többen elégségesnek tartották a készüléket a mérések megkezdése előtti egy órán belül rögzíteni (*Mohr és mtsai.*, 2002; *Waiblinger és mtsai.*, 2004; *Stewart és mtsai.*, 2008).

A kiértékelés módszerei

A HRV vizsgálatára a legáltalánosabban alkalmazott eljárások közé tartozik a variancia idő- és frekvencia-tartományban végzett elemzése. Az időtartományban végzett elemzések a varianciáról kvalitatív információkkal szolgálnak, míg a frekvenciatartományban végzett spektrális analízis és HRV meglehetősen pontos kvalitatív értékelését teszik lehetővé (Minero és mtsai., 2001).

Időtartományban végzett elemzés

A legtöbb, a szív működés kutatásával foglalkozó szerző, a variancia időtartományban számolt paramétereit tartja a HRV legegyszerűbb kifejezési módjának. Ezek a jelzőszámok az IBI adatsorok különbözőféleképpen számított statisztikai varianciáját fejezik ki és a szív működés hosszú távú varianciáját tükrözik. (1. táblázat).

1. táblázat: Az időtartományban végzett elemzések során használt statisztikai paraméterek

RR átlag (ms)	Az R-R távolságok hosszának egy adott jelszakaszra számított átlaga
SDNN (ms)	Az R-R távolságok teljes jelszakaszra számított szórása
SDANN (ms)	Az 5 perc alatt detektált IBI-ok átlagértékeinek szórása
HRátlag (1/min)	A HR-értékek egy adott jelszakaszra számított átlaga
STD (1/min)	A HR értékek szórása
RMSSD (ms)	A szomszédos IBI-ok különbségének négyzetgyöke

Table 1.: Statistical parameters of the time-domain analysis

Értéküket a szimpatikus, illetve paraszimpatikus hatások együttesen határozzák meg. Az időtartományban végzett elemzések leginformatívabb paramétere több kutató szerint is (Kleiger és mtsai., 1992; von Borell és mtsai., 2007) az RMSSD (root mean square successive difference).

Frekvenciatartományban végzett elemzés

A HRV frekvencia tartományban történő vizsgálata – spektrális analízise – során az adatok számítógépre történő beolvasása után a szoftver az egymást követő IBI-okat ábrázolja az idő függvényében (2. ábra).

2. ábra: Az IBI-ból készített időfüggvény (kardiotachogram)

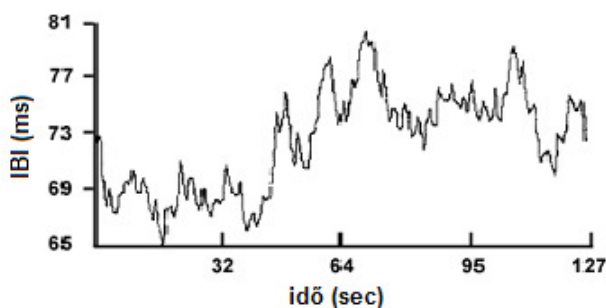


Figure 2: The IBI cardiogram

Az IBI-ok periodikus változásainak vizsgálatához az adatsorok lineáris interpolációjára van szükség. Ezeket az újrászámolt adatsorokat gyors Fourier transzformációval (Fast Fourier Transformation, FFT) bontják különböző spektrális komponensekre. Az FFT az idő függvényében adott jelet harmonikus összetevőire bontja és a frekvencia függvényében képezi le (3. ábra)

3. ábra: A lézésből számított teljesítmény-sűrűség spektrum

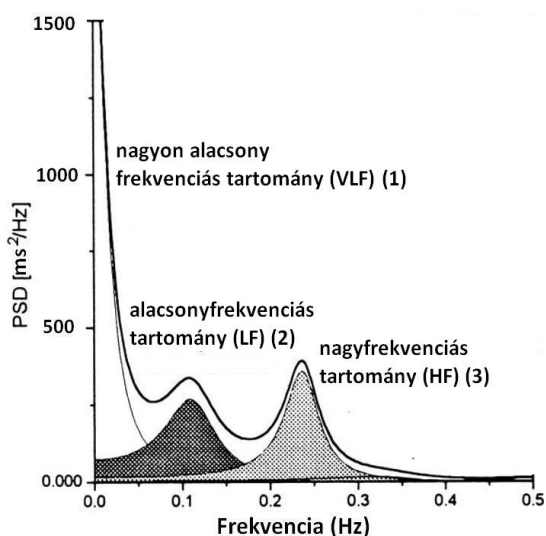


Figure 3: The power spectral density calculated from the respiration rate

A műszerhez tartozó szoftver kiszámolja a HRV-spektrum meghatározott frekvenciahatárok közötti sávjainak teljesítményét, mely rávilágít a szimpatikus és paraszimpatikus hatások relatív arányaira. Az IBI-ok frekvenciatartományban való ilyen módú feldolgozása lehetővé teszi a periodicitások és ezáltal a HR-t szabályozó hatások elkülönítését.

2. táblázat: A frekvencia-tartományban végzett elemzések során alkalmazott paraméterek

Total power (ms²)	Teljes spektrális teljesítmény
HF (ms²)	A magas frekvenciás komponens spektrális teljesítménye
LF (ms²)	Az alacsony frekvenciás komponens spektrális teljesítménye
VLF (ms²)	A nagyon alacsonyfrekvenciás komponens spektrális teljesítménye
LF/HF ratio (%)	Az alacsony- és magas frekvenciás komponensek aránya
HF/total power	A magas frekvenciás komponens relatív aránya

Table 2: The parameters of the frequency-domain analysis

A HRV alkalmazásának korlátai

Véleményünk szerint a HRV mérése hamarosan a szarvasmarha fajban végzett etológiai kutatások egyik módszere lehet, ugyanakkor fel kell hívnunk a figyelmet az alkalmazásával járó, elsősorban módszertani jellegű nehézségekre is. Ezek közé tartozik az aktivitásból adódó HR-változás elkülönítése. Jelentős viselkedésbeli változás (megnövekedett mozgási aktivitás) fordulhat elő ugyanis a szabadon mozgó kísérleti állatoknál. E probléma kiküszöbölésére több lehetőség is kínálkozik. A különböző vizsgálatok során egyes kutatók megpróbálták a kísérleti állatok mozgási aktivitását a lehetőségekhez mérten kontrollálni (Mohr és mtsai., 2002). Bevált módszer az is, ha a vizsgált egyedeket a mérések idejére egy kisebb karámba helyezik. Egy másik megoldás, hogy az adatok kiértékelésekor azokat a megfigyelési szakaszokat hasonlítják össze, ahol az egyedek fizikai aktivitása megközelítőleg hasonló volt (Rietmann és mtsai., 2004). Egyes szerzők szerint a fizikai aktivitásból adódó motoros - és a nem-motoros HR-válasz statisztikai modellek segítségével elkülöníthető (Visser és mtsai., 2002).

A legtöbb publikáció szerint elsősorban a jelek transzmitter általi továbbítása okozza a legnagyobb nehézséget a mért HRV-paraméterek értékelésekor (Minero és mtsai., 2001; Janžekovič és mtsai., 2006; Tóthné Maros, 2009). E probléma hátterében legtöbbször a nem megfelelő bőr-elektroda érintkezésből adódó gyengébb vezetőképesség áll. A gyors helyzetváltoztatás (felkelés, lefekvés, hirtelen mozdulatok, futás) sok esetben az elektródák elmozdulását eredményezheti. A jelek érzékelésének átmeneti kiesése hátterében Gygax és mtsai. (2008) szerint legtöbbször az elektródák kiszáradása áll.

Egyes kutatások (Storck és mtsai., 2001) a módszer állati viselkedésből adódó korlátairól is beszámoltak. A különböző csoportokban fennálló szociális kapcsolatok és az ezekből adódó viselkedési és pszichés hatások ugyanis külön-külön is befolyásolhatják a mérési eredményeket.

A hibás jelek lehetnek biológiai eredetűek is (Tóthné Maros, 2009) úgymint a szív működésében fellépő zavarok (pl. stressz következtében jelentkező szinusz aritmia), de lehetnek külső okai is, melyek a mérőrendszer-korlátait tükrözik. Ilyen eset lehet, amikor az állat túlzott fizikai aktivitása következtében

az elektródák nem vezetnek megfelelően az elektromos jeleket, esetleg valamilyen elektromágneses zavarás lép fel a környezetben (elektromágneses interferencia).

Összegzés

Hazánkban a HRV témakörében eddig csak ló (*Nagy és mtsai.*, 2009) és kutya (*Tóthné Maros* 2009; *Tóthné Maros és mtsai.*, 2010) fajokban születtek figyelemre méltó eredmények, míg külföldi kutatások olyan gazdaságilag fontos haszonállatokat is vizsgálatba vontak, mint pl. a szarvasmarha és a sertés. Szarvasmarhában mindenképpen vizsgálandó területnek számít Magyarországon a HRV kutatása. Az eddigi eredmények azt igazolják, hogy a HRV mérésével lényegesen többet tudhatunk meg az vegetatív idegrendszer működéséről és az adott eseményhez tartozó idegrendszeri aktivációk feltérképezéséről, ahhoz képest, ha csak a HR adatokat értékelnénk.

A HRV mérésének köszönhetően figyelemmel követhetjük a szimpatikus és paraszimpatikus idegi aktivitást, ezáltal e módszer a stressz indikátora is lehet.

A legtöbb kutatás során a Polar S810i, illetve a Vantage NV modelleket használták a mérésekre, az újabb modellek (Polar R-R Recorder, illetve Polar Equine) már 24 órás természetszerű körülmények közötti mérést is képesek kivitelezni bizonyos feltételek teljesülése esetén.

A műszerek rögzítésének a megfelelő vezetőképesség kialakulása érdekében kiemelkedően fontos szerepe van a mérések korrekt kivitelezését és sikerességét illetően.

Irodalomjegyzék

- Borell von, E.* (2000): Stress and coping in farm animals. *Arch. Tierz.*, 43. 144-152.
- Borell von, E. – Langbein, J. – Després, G. – Hansen, S. – Leterrier, C. – Marchant-Forde, J. – Marchant-Forde, R. – Minero, M. – Mohr, E. – Prunier, A. – Valance, D. – Veissier, I.* (2007): Heart rate variability as a measure of autonomic regulation of cardiac activity for assessing stress and welfare in farm animals – A review. *Physiol. Behav.*, 92. 293-316.
- Brosh, A.* (2007): Heart rate measurements as an index of energy expenditure and energy balance in ruminants: A review. *Anim. Sci.*, 85. 1213-1227.
- Clapham, W.M. – Fedders, J.M. – Swecker Jr., W.S. – Scaglia, G. – Fontenot, J.P.* (2004): Heart rate variation: does it indicate stress in calves at weaning? Kézirat.
- Després, G. – Veissier, I. – Boissy, A.* (2002): Effect of Autonomic Blockers on Heart Period Variability in Calves: Evaluation of the Sympatho-Vagal Balance. *Physiol. Res.*, 51. 347-353.
- Gygax, L. – Neuffer, I. – Kaufmann, C. – Hauser, R. – Wechsler, B.* (2008): Restlessness behaviour, heart



rate and heart-ratevariability of dairy cows milked in two types of automatic milking systems and auto-tandem milking parlours. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 109. 167-179.

- Hagen, K. – Langbein, J. – Schmied, C. – Lexer, D. – Waiblinger, S. (2005): Heart rate variability in dairy cows – influences of breed and milking system. *Physiol. Behav.*, 85. 195-204.
- Janžekovič, M. – Muršec, B. – Janžekovič, I. (2006): Techniques of measuring heart rate in cattle. *Tehnički Vjesnik*, 13. 1-2. 31-37.
- Kleiger, R.E. – Stein, P.K. – Bosner, M.S. – Rottman, J.N. (1992): Time domain measurements of heart rate variability. *Cardiol. Clin.*, 10. 487-498.
- Marchant-Forde, R.M. – Marchant-Forde, J.N. (2004): Pregnancy-related changes in behavior and cardiac activity in primiparous pigs. *Physiol. Behav.*, 82. 815-25.
- Minero, M. – Canali, E. – Ferrante, V. – Carezzi, C. (2001): Measurement and time domain analysis of heart rate variability in dairy cattle. *Vet. Rec.*, 149. 772-774.
- Mohr, E. – Langbein, J. – Nürnberg, G. (2002): Heart rate variability: A noninvasive approach to measure stress in calves and cows. *Physiol. Behav.*, 75. 1. 251-259.
- Nagy K. – Bodó G. – Bárdos Gy. – Harnos A. – Kabai P. (2009): The effect of a feeding stress-test on the behaviour and heart rate variability of crib-biting horses (with or without inhibition). *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 121. 140-147.
- Niskanen, J.P. – Tarvainen, M.P. – Ranta-aho, P.O. – Karjalainen, P.A. (2004): Software for advanced HRV analysis. *Comp. Meth. Progr. Biomed.*, 76. 73-81.
- Rietmann, T.R. – Stauffacher, M. – Bernasconi, P. – Auer, J.A. – Weishaupt M.A. (2004): The association between heart rate, heart rate variability, endocrine and behavioural pain measures in horses suffering from laminitis. *J. Vet. Med.*, 51. 218-225.
- Schmied, C. – Waiblinger, S. – Scharl, T. – Leisch, F. – Boivin, X. (2008): Stroking of different body regions by a human: Effects on behaviour and heart rate of dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 109. 25-38.
- Stewart, M. – Stafford, K.J. – Dowling, S.K. – Schaefer, A.L. – Webster, J.R. (2008): Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic. *Physiol. Behav.*, 93. 789-797.
- Storck, N. – Ericson, M. – Linblad, L.E. – Jensen-Urstad, M. (2001): Automated computerized analysis of heart rate variability with digital filtering of ectopic beats. *Clin. Physiol.*, 21. 15-24.
- Tóthné Maros K. (2009): A kötődési és kommunikációs viselkedés és a szívműködés közötti kapcsolat vizsgálata kutyákon. Doktori értekezés. ELTE Etológia Tanszék, Magyarország.
- Tóthné Maros, K. – Tóth, P. – Janan, J. (2010): A viselkedés hatása az állatok szívműködésére. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 132. 285-294.



Visser, E.K. – van Reenen, C.G. – van der Werf, J.T.N. – Schilder, M.B.H. – Knaap, J.H. – Barneveld, A. – Blokhuis, H.J. (2002): Heart rate and heart rate variability during a novel object test and a handling test in young horses. *Physiol. Behav.*, 76. 289-296.

Waiblinger, S. – Menke, C. – Korff, J. – Bucher, A. (2004): Previous handling and gentle interactions affect behaviour and heart rate of dairy cows during a veterinary procedure. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 85. 31-42.