

Állatorvostudományi Doktori Iskola

**Állatokon végzett jólléti vizsgálatok és
az elektromos kábítás mutatóinak
összefüggései sertéseken**

PhD tézisek

Dr. Végh Ákos

2016.

Témavezető és témabizottsági tagok:

.....

Prof. Dr. Rafai Pál, egyetemi tanár, MTA doktora

Állathigiéniai, Állomány-egészségtani és Állatorvosi Etológiai
Tanszék, Állatorvostudományi Egyetem

témavezető

.....

Dr. Ózsvári László PhD, habil., tanszékvezető, egyetemi docens

Törvényszéki Állatorvostani, Jogi és Gazdaságtudományi
Tanszék, Állatorvostudományi Egyetem

társtémavezető

.....

dr. Végh Ákos

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés	4
2. Anyag és módszer	6
2.1. Első vizsgálat	6
2.2. Második vizsgálat	8
2.3. Harmadik vizsgálat	13
3. Eredmények.....	17
3.1. Első vizsgálat	17
3.2. Második vizsgálat	18
3.3. Harmadik vizsgálat	19
3.3.1. Kábítási idő	19
3.3.2. A kábítás végétől a szűrésig eltelt idő	20
3.3.3. A kábítás kezdetétől a szűrésig eltelt idő	22
3.3.4. Áramerősségre és az elektromos munkára vonatkozó eredmények.....	22
4. Megbeszélés.....	28
5. Új tudományos eredmények	33
6. A doktori kutatás eredményeinek közlései	34
7. Köszönetnyilvánítás.....	36

1. Bevezetés

Természettudományos alapon három fő felfogás szerint lehet az állatjóllétet meghatározni: a biológiai működés mentén, az állat érzései szerint és a természetes viselkedés lehetősége alapján. Az eltérő megközelítések miatt az állatjóllét mérése sem egységes, mert más-más szempontrendszer szerint történik. A környezeti és az állatokon végzett mérések együttes értelmezése ad értékelhető képet a jóllétről.

Az állatok jóllétének speciális ellenőrzési helye a vágóhíd, ahol az állatokat kivéreztetés előtt elkábítják. A vágóhídi kábítás célja, hogy a kábítás megkezdésétől a halál beálltáig öntudatlan és fájdalommentes állapotot idézzen elő az állatban. Ennek megléte az állatokon mérhető jelek szerint vizsgálható legjobban. Jelen tanulmány egyik célja az volt, hogy a kábítás hatékonyságát jellemző fizikális vizsgálati lehetőségek közül kiválasszuk és gyakorlatban alkalmazzuk a megbízható, érvényes és megvalósítható vizsgálatokat. Ez előfeltételként szolgált a kábítás fizikai mutatóinak meghatározásához.

A sertések kétpontos elektromos kábítási módszerének fizikai mutatóit többen tanulmányozták. Ezekre alapozva a jelenleg hatályos 1099/2009/EC tanácsi rendelet előírása szerint a sertések elektromos kábítására 1,3 Amper alkalmazása

kötelező. Mindemellett az EFSA elismeri, hogy a sertések kétpontos elektromos kábításához ajánlott technikai mutató, az 1,3 Amper, régi és kísérleti körülmények között dolgozták ki, ezért gyakorlati körülmények közötti visszaigazolására van szükség.

A sertések elektromos kábítása tekintetében célul tűztem ki a kábítás hatékonysága és az áramerősség közötti összefüggés feltárását és a sertések kábításához minimálisan szükséges áramerősség meghatározását. Tekintettel arra, hogy a kábítás hatékonyságát és tartósságát más tényezők is befolyásolhatják (pl. időtartam, frekvencia, elektromos munka), így ezeknek a kábítás hatékonyságára gyakorolt hatását is vizsgáltam.

A mérések elvégzéséhez több olyan műszer került kifejlesztésre, ami alkalmas a valós kábítási mutatók beállítására és kijelzésére (áramerősség, feszültség, frekvencia).

2. Anyag és módszer

Az első vizsgálat sor célja annak megállapítása volt, hogy gyakorlati körülmények között van-e összefüggés a sertések kétpontos elektromos kábításakor alkalmazott fizikai mutatók, azaz környezeti feltételek, és a kábítás hatékonysága, vagyis az állatokon látható jelek között. Elsődlegesen az áramerősség hatását vizsgáltuk, továbbá tanulmányoztuk a kábítási idő és a fej ellenállásának szerepét is. A második és harmadik vizsgálat sor célja az volt, hogy gyakorlati körülmények között megállapítsuk a hatékony kábítást jól jellemző fizikai mutatókat. A második vizsgálat sorban a hatékony kábításhoz szükséges frekvenciát, míg a harmadikban az áramerősséget, az elektromos munkát, a kábítási időt és a kábítástól a szúrásig eltelt időt próbáltuk meghatározni.

2.1. Első vizsgálat sor

Négy különböző magyarországi vágóhídon végeztünk méréseket (mindegyiken legalább két különböző napon) a normál napi munka folyamán. A vágást végző személyzet, az általuk alkalmazott kábítási idő, és a kábító berendezés beállítását (feszültség, frekvencia, hullámforma) tekintve semmilyen változtatást nem tettünk a napi rutin munkához képest. A kábítást megelőzően a sertések fejét nedvesítették, a kábító villa fogóit pedig mindkét oldalon a szemek és a fültő közé

helyezték. Azokat az eseteket, ahol ettől eltért a pozícionálás, az elemzésből kizártuk. Mindösszesen 145 sertést vontunk be az értékelésbe.

A következő adatok kerültek felvételre: egyedi testtömeg (kg), áramerősség (A) és feszültség (V) a kábítás során, az áramütés hossza (s), a kábítás hatékonysága, az egyedi SEUROP húsminősítés. Az áramerősséget (0-5 A tartományban) és a feszültséget (0-300 V tartományban) egy egyedileg kifejlesztett analóg mérőeszközzel mértük. Az eszközt úgy illesztettük az áramkörbe, hogy az eredeti kábító villákhoz két krokodilcsipesz segítségével kapcsolódott a mérőeszköz, amelyhez egy második kábító villa kapcsolódott, és ezzel végezte a személyzet a kábítást. A kábítás hosszát egy egyszerű stopperórával mértük. A kábítás hatékonyságát a következő jelek szerint ítéltük meg:

1. légzésleállítás,
2. azonnali összeesés,
3. azonnali tonikus, majd pár másodperccel később ezt követő klonikus görcsök,
4. felfelé tekintő szemgolyók,
5. az orrot ért fájdalmas ingerlésre adott reakció hiánya (amit a vágóhídon használt, fertőtlenített késsel lehetett elvégezni).

A kábítást akkor tekintettük hatékonynak, ha a felsorolt öt feltételből legalább négy teljesült.

A felvett adatokat statisztikailag elemeztük. A szignifikancia szintje egységesen $P \leq 0,05$.

2.2. Második vizsgálat

Egy magyarországi vágóhídon végeztünk méréseket 6 különböző alkalommal a normál napi munka folyamán. Az állatok kábítása és levágása nem kísérleti célra történt, hanem a vágóhíd megszokott napi tevékenysége keretében élelmiszer-előállítás céljára. A vágóhidakon valamennyi esetben fején alkalmazott kétpontos kábítási módszert használtak. A kábítást megelőzően a sertések fejét nedvesítették. A kábítást kábító kalodában végezték. A kábítást végző személyzet a kábító villa fogóit úgy pozícionálta, hogy azok mindkét oldalon a szemek és a fültő közé kerüljenek. A vizsgálatokba az adott napon levágásra kerülő valamennyi sertést belevontuk. Néhány eset, amelyben a kábító villát helytelenül helyezték fel, kizárásra került az elemzésből.

A kábítást egy vágóhídi berendezések gyártására szakosodott üzemben gyártott, de egyedileg kialakított kábító berendezéssel végeztük. A készülék normál hálózati áramforrásról üzemeltethető. A beérkező áram transzformálást és

egyenirányítást követően 20 mA-tól 2000 mA tartományban tud kábítást végezni, amely egyedi potenciométerrel szabadon beállítható. Az állatra valóban kijutó kábító áram az egyenfeszültség pozitív impulzusainak szélességétől függ, amelyet az áramkörbe kerülő ellenállások, így a fej impedanciája is befolyásol. A berendezés a kábító áramot impulzusokkal modulálja, melynek frekvenciája állítható 150 Hz – 300 Hz – 2000 Hz fokozatokban. A készüléken kábító feszültségmérő, a kábító áramerősség-mérő, és a kábító frekvencia kijelző található, melyekről a kábítás közbeni értékek leolvashatók.

A kábítások során a frekvenciát változtattuk: a kábítások egy részét 150 Hz, míg a másik részét 300 Hz frekvenciára beállított árammal végeztük. A 2000 Hz-es frekvencián megkísérelt kábítások egyáltalán nem voltak hatékonyak, így mivel a vágások nem kísérleti célra történtek, ennek a frekvenciának a vizsgálatát kihagytuk.

Összesen 193 sertést vontunk be az értékelésbe. Minden egyes kábítás során a következő adatok kerültek felvételre. Leolvastuk a kábító berendezés kijelzőjén megjelenő áramerősség (A) és feszültség (V) adatát. Rögzítettük a beállított frekvenciát (Hz). Megmértük egy egyszerű stopperóra segítségével a kábítás időtartamát és a kábítástól a szúrásig eltelő időt.

A kábítás hatékonyságát három időpillanatban vizsgáltuk:

- közvetlenül a kábítást követően,
- közvetlenül a szúrást megelőzően,
- a szúrást követően az elvéreztetés alatt.

A sertések állapotának megítélésére az állatokon állatjóléti vizsgálatokat végeztünk. A belgyógyászati diagnosztikai alapismeretek és az állatjóléti vizsgálatokat felölelő eszköztár alapján a vizsgálatok helyszínéül szolgáló vágóhídon a következő vizsgálati protokollt állítottuk össze.

Vizsgálatok közvetlenül a kábítást követően:

1. A légzés vizsgálata: a megfelelő elektromos kábítás azonnal légzésleállást (apnoe) idéz elő. A légzés hiányát megtekintéssel tudtuk vizsgálni.
2. A testtartás vizsgálata: a megfelelő kábítás azonnali kollapszust idéz elő, amelynek meglétét megtekintéssel ellenőriztük.
3. A motoros tevékenység vizsgálata: az elektromos impulzusok motoros izgalmi állapothoz vezetnek, amely toniko-klonikus görcsök formájában nyilvánul meg úgy, hogy egy rövid tonikus fázist (izomspazmus) klonikus görcsök követnek. A folyamatot megfigyeléssel vizsgáltuk.
4. A hangadás vizsgálata: bármely hangadás a tudat visszatérésének jele, ezért ennek hiányát ellenőriztük.

5. A szem vizsgálata: a szemmozgások vizsgálata során a szem fixált, enyhén felfelé irányuló állását tudtuk ellenőrizni megtekintéssel.

Minden vizsgálati szempontra 1 pontot adtunk, ha megfelelő volt és 0-át, ha nem. A kábítást akkor tekintettük teljesen *megfelelőnek*, ha mind a vizsgált öt szempont mindegyike 1-es pontszámot kapott, így a tudattalan állapot fennállt. Gyakorlati szempontból felállítottunk egy még *elfogadható* szintet is, ha az ötből legalább négy vizsgálati szempont szerint volt megfelelő a kábítás. Következésképpen a kiértékelést elvégeztük megfelelő és elfogadható teljesülési szinten is. *Megfelelő*, ahol a kábítás 5 pontot kapott, *elfogadható*, ahol 5 vagy 4 pontot. Ez alatt a kábítást már semmiképpen nem tekintettük elfogadhatónak.

A szűrást megelőző és a szűrást követő vizsgálati pontokban a narkózis elmúlásának, azaz a tudat és a fájdalomérzés visszatérésének jeleit vizsgáltuk a következők szerint.

1. A légzés vizsgálata: a ritmikus légzés visszatérése megfigyelhető volt, amennyiben 3-4 légvétel történt azonos időintervallummal.
2. A testtartás vizsgálata: felfüggesztett sertésnél a normál testhelyzet visszanyerésére való törekvés fej felemelési kísérletben mutatkozik meg, amelyet megtekintéssel vizsgáltunk.

3. A motoros tevékenység vizsgálata: a fül feszsége motoros aktivitásra utal, ezért a fül feszes vagy ernyedtt állapotát megtekintéssel és tapintással ellenőriztük.
4. A fájdalomérzés vizsgálata: a fájdalomérzés visszanyerése esetén a szűrés előtt a túrókarima késheggyel történő ingerlésére adott reakció volt megfigyelhető, a szűrást követően pedig önkéntelen bélsár- és vizeletürítés.
5. A hangadás vizsgálata: bármely hangadás a tudat visszatérésének jele, ezért ennek hiányát ellenőriztük.
6. A szem vizsgálata: a szem vizsgálata során a pislogás megléte vagy kiváltása megtekintéssel és tapintásos vizsgálattal volt lehetséges.

Minden vizsgálati szempontra 1 pontot adtunk, ha a narkózis megfelelő volt, és 0-át, ha nem. Az állatok állapotát akkor tekintettük teljesen *megfelelőnek* ezen a két vizsgálati ponton, ha mind a hat vizsgálati szempont 1-es pontszámot kapott, így a tudattalan és fájdalommentes állapot fennállt. Gyakorlati szempontból felállítottunk egy még *elfogadható* szintet is, ha a hatból legalább öt vizsgálati szempont szerint volt megfelelő a kábítás. Következésképpen a kiértékelést elvégeztük *megfelelő* és *elfogadható* teljesülési szinten is. *Megfelelő*, ahol a kábítás 6 pontot kapott, *elfogadható*, ahol 6 vagy 5 pontot. Ez alatt a kábítást már semmiképpen nem tekintettük elfogadhatónak.

A felvett adatokat statisztikai elemzésnek vetettük alá. Leíró statisztikai elemzést követően logisztikus regresszióval vizsgáltuk azt, hogy a frekvencia változtatásának van-e hatása a kábítás hatékonyságára, azaz fennáll-e a narkózis *megfelelő* és *elfogadható* szinten a kábító áram frekvenciája függvényében. A szignifikancia szintje egységesen $P=0,05$.

2.3. Harmadik vizsgálat

Három különböző magyarországi vágóhídon végeztünk méréseket 9 különböző alkalommal a normál napi munka folyamán. Az állatok kábítása és levágása nem kísérleti célra történt, hanem az adott vágóhíd megszokott napi tevékenysége keretében élelmiszer-előállítási céllal. A vágóhidakon valamennyi esetben fején alkalmazott kétpontos kábítási módszert használtak. A kábítást megelőzően a sertések fejét nedvesítették. A kábítást végző személyzet a kábító villa fogóit úgy pozícionálta, hogy azok mindkét oldalon a szemek és a fültő közé kerüljenek. A sertéseket a kábításhoz kalodában rögzítették. A vizsgálatokba az adott napon levágásra kerülő valamennyi sertést belevontuk. Azokat az eseteket, amikor a kábító villát helytelenül pozícionálták, az elemzésből kizártuk.

A kábító berendezés megegyezik a 2.2. pontban leírtakkal.

Összesen 405 sertést vontunk be az értékelésbe. A frekvenciát 150 Hz-re állítottuk be. A kábítások során két mutatót változtattunk: az áramerősséget valamint a kábítás időtartamát. A következő két vizsgálsort állítottuk össze.

1. Az első vizsgálsorban arra kerestük a választ, hogy a kábítási idő hosszának változtatása kihatással van-e a kábítás hatékonyságára, valamint a narkózis hosszára. E célból 2 különböző vágóhídon összesen 4 alkalommal állítottunk be méréseket. Az **A** vágóhídon 65, a **C** vágóhídon 75 sertés került ebbe a vizsgálat-sorba. A kábítási idő az **A** vágóhídon 3 és 18 másodperc között változott, a **C** vágóhídon pedig 15 és 35 másodperc között. A kábítási idő véletlenszerű változtatását az **A** vágóhídon úgy oldottuk meg, hogy véletlen-szám generátorral előzetesen meghatároztuk, hogy melyik esetben hány másodpercig végezze a kábítást a hentes (3-tól 18 másodpercig, 3 másodperces ugrásokkal). A másik vágóhídon megkértük a hentes, hogy saját tapasztalata szerint különböző időpontig végezze a kábítást.

További változó volt a kábítástól a szúrásig eltelő idő. Ebben az időszakban függesztették fel az elkábított sertéseket. A szúrásig eltelő időre semmiféle ráhatást

nem gyakoroltunk, az a vágóhíd normál munkatempójából következett. Az adatokat az **A** vágóhídon rögzítettük 5 mérési napon, összesen 159 állaton.

A teljes idő a kábítási időtartamot és a kábítástól a szúrásig eltelő időt foglalja magába, amit szintén az **A** vágóhídon rögzítettünk majd elemeztünk.

2. A második méréssorozat célja az áramerősség hatásának vizsgálata volt. Az áramerősséget a kábító készüléken található potenciométer segítségével változtattuk. E vizsgálatokban 2 vágóhídon, 8 alkalommal összesen 296 egyed kábítási adatait vettük fel. 5 alkalommal a hentes a kábítást az általa megszokott ideig végezte, míg három esetben a kábítási időtartamot is változtattuk (3-tól 18 másodpercig, 3 másodperces ugrásokkal).

Minden egyes kábítás során a következő adatok kerültek felvételre. Leolvastuk a kábító berendezés kijelzőjén megjelenő áramerősség (A) és feszültség (V) adatát. Megmértük egy egyszerű stopperóra segítségével a kábítás időtartamát és a kábítástól a szúrásig eltelő időt. Számoltuk továbbá az elektromos munkát (UxIxt).

A kábítás hatékonyságát három időpillanatban vizsgáltuk:

- közvetlenül a kábítást követően,
- közvetlenül a szűrást megelőzően,
- a szűrást követően az elvéreztetés alatt.

A kábítás végétől a szűrásig eltelt idő és a teljes idő tekintetében pedig csak a szűrást megelőzően és azt követően.

A sertések állapotának megítélése a 2.2. pontban leírtak szerint történt.

A felvett adatokat statisztikai elemzésnek vetettük alá. A vizsgálatok multicentrikusak voltak, ezért a kiértékelést helyszínenként külön-külön végeztük el, csak ott vontuk össze, ahol a helyszínek nem volt statisztikailag kimutatható hatása. Leíró statisztikai elemzést követően logisztikus regresszióval vizsgáltuk azt, hogy az adott mutatónak (kábítási idő, kábítástól a szűrásig eltelt idő, teljes idő, áramerősség, munka) van-e hatása a kábítás, illetve a narkózis hatékonyságára *megfelelő* és *elfogadható* szinten. A szignifikancia szintje egységesen $P=0,05$. Végül, ahol lehetséges volt, megpróbáltunk határértéket keresni az egyes változókra, mely fölött a kábítás adott megbízhatósági szinten hatékony

3. Eredmények

3.1. Első vizsgálat

145 egyedet vontunk be az értékelésbe. Összesen a kábítások 88,3%-a volt hatékony (128 eset a 145-ből). A mért áramerősség adatok 0,14 és 5 Amper között váltakoztak. A kábítás hatékonyságának értékelése az 1,3 A és 0,4 A határértékek használatával történt. Az 1,3 Amperes határértéket használva nem lehetett szignifikáns különbséget kimutatni az 1., 2. és 3. vágóhíd esetén a hatékony és nem hatékony kábítások között. Ezzel szemben a 4. vágóhídon a kábítás hatékonysága szignifikánsan jobb volt 1,3 A fölött ($P=0,01$). Tekintettel arra, hogy 0,4 A alatti áramerősséget csak a 3. vágóhídon mértünk, ezt a határértéket csak itt lehetett vizsgálni. A Fisher-exact teszt eredménye azonban nem mutatott szignifikáns különbséget a 3. vágóhídon.

A vizsgált mutatók közül (áramerősség, feszültség, áramútés hossza), egyedül az áramerősség mutatott szignifikáns hatást a binomiális regresszió eredményeként ($P=0,013$). Számolt értékek (elektromos teljesítmény, $I \times U$, elektromos munka, $I \times U \times t$) hatása a kábítás hatékonyságára szintén szignifikáns volt. 95%-os megbízhatósági szinten a szükséges minimális áramerősség

helyszínenként volt meghatározható (0,69 A, 3,12 A, 2,16 A, 4,78 A).

Az értékelésbe bevont sertések egyedi testtömege 30 és 150 kg között változott, de a többségé (115 állat) 100 kg fölött volt. A fej ellenállása 32 és 571.43 ohm között alakult (medián: 159.56 ohm). Az egyedi testtömeg és a fej ellenállása között nem sikerült kapcsolatot megállapítani.

Vágóhídi húsminősítést csak a hízókon végeztek (133 egyed). A testfeleket S, E, U és R osztályokba sorolták, egyik sem volt O és P osztályú. A húsminősítés és a fej ellenállása között Kruskal-Wallis teszttel nem találtunk kapcsolatot.

Az áramütés hossza tekintetében a felvett értékek 4 és 25 másodperc között változtak (medián: 12,9 mp). Mivel az áramütés hossza nem mutatott szignifikáns hatást a kábítás hatékonyságára, más mutatókkal való kapcsolatát is megvizsgáltuk. Az áramütés hossza szignifikáns eltérést mutatott az egyes helyeken, de más mutatókkal nem sikerült semmilyen megbízható összefüggést kimutatni.

3.2. Második vizsgálat

193 egyed kábítási adatait rögzítettük, amelyből 159 alkalommal 133 Hz, 34 alkalommal pedig 291 Hz volt a kábító áram kijelzőn leolvasott frekvenciája. A beállított és mért adat közti enyhe

eltérés abból adódik, hogy az áramkörbe iktatott ellenállás némileg módosíthatja a frekvenciát. A hatékony és nem hatékony kábítások esetszámát összevetve a kábítást követően azt állapítottuk meg, hogy a magasabb frekvencián a hatékony kábítás szignifikánsan ritkább mind megfelelő (khi-négyzet=12,22, Df=1, P=0,0005), mind elfogadható szinten (khi-négyzet=7,64, Df=1, P=0,0057), mint alacsony frekvencián. A szűrés előtt és a szűrés után vizsgálva azonban már a frekvencia nem volt hatással a narkózis fenntartására.

Logisztikus regresszióval megvizsgáltuk azt is, hogy a kétféle frekvencia más változókkal együtt (áramerősség, kábítási idő, kábítástól a szűrésig eltelt idő) eltérő hatással van-e a kábítás hatékonyságára, valamint a narkózis fenntartására a szűrés előtti és a szűrés utáni időszakban. Ilyen kapcsolat nem állt fenn, a frekvencia más változókkal együtt nem mutatott hatást.

3.3. Harmadik vizsgálat

3.3.1. Kábítási idő

A kábítási idő és a kábítás hatékonysága között sem *megfelelő*, sem *elfogadható* szinten nem sikerült szignifikáns kapcsolatot kimutatni a három vizsgálati időpontban.

3.3.2. A kábítás végétől a szűrésig eltelt idő

A **kábítás végétől a szűrésig eltelt idő** az **A** vágóhídon 32 és 85 másodperc között változott.

A **szűrés** megelőzően *megfelelő* szinten 44 hatékony és 115 nem hatékony eset volt, *elfogadható* szinten pedig 104 hatékony és 55 nem hatékony eset.

A szűrés megelőző vizsgálatoknál *megfelelő* szinten még nem, de *elfogadható* szinten a szűrésig eltelt idő emelkedésével szignifikánsan csökkent a kábítás fenntartásának hatékonysága (korreláció-teszt, $P=0,0258$), amelyet a logisztikus regresszió is alátámasztott.

Fontos kérdés, hogy a hatékony kábítások esetén a tudat és a fájdalomérzet visszanyerése milyen időintervallumon belül következik be. Ezért megnéztük, hogy a hatékony kábítások után a szűrésig eltelt idő változásával együtt változik-e a szűrés előtt a narkózis megléte. Azt találtuk, hogy *megfelelő* szinten nem, de *elfogadható* szinten a függesztésig eltelt idő növelésével szignifikánsan csökken a narkózis hatékonysága (korreláció-teszt, $P=0,0265$). Megpróbáltunk időhatárt felállítani, amely fölött a narkózis hatékonyságának romlása várható. A számolt határérték a statisztikai modell szerint negatív tartományba esett, míg a legalacsonyabb valós érték 32 másodperc volt. Így csak

annyit állíthatunk, hogy a szűrés bekövetkezésének optimális időpontja, amikor a narkózis még fennáll, valahol 32 másodperc alatt van.

Megvizsgáltuk azt is, hogy a kábítástól a szűrésig eltelő idő más mutatókkal (áramerősség, illetve elektromos munka) együtt fejte ki hatást a narkózis fenntartására. Az találtuk, hogy *elfogadható* szinten a szűrésig eltelő idő hatása az áramerősséggel együtt szignifikáns (khi-négyzet=4,58, Df=1, P=0,0323). Nagyobb áram jobb kábítást, több idő gyengébbet okoz

A **szűrés után megfelelő** szinten 33 hatékony és 126 nem hatékony eset volt, *elfogadható* szinten pedig 83 hatékony és 76 nem hatékony eset

A kábítástól a szűrésig eltelt időnek a narkózis fenntartására a szűrés utáni időszakig már önmagában nincs szignifikáns hatása.

Megvizsgáltuk azt is, hogy a kábítástól a szűrésig eltelő idő más mutatókkal (áramerősség, illetve elektromos munka) együtt fejte ki hatást a narkózis fenntartására. Azt találtuk, hogy sem az áramerősséggel együtt, sem az elektromos munkával együtt nincs szignifikáns hatása.

3.3.3. A kábítás kezdetétől a szúrásig eltelt idő

Az **A** vágóhídon megvizsgáltuk a kábítás kezdetétől a szúrásig eltelt **teljes idő** hatását is. Az esetszámok értelemszerűen megegyeznek az előző pontban leírtakkal.

A **szúrás előtt** *megfelelő* szinten nem volt kimutatható összefüggés a kábítás fennállásával. Nem volt a teljes időnek sem az áramerősséggel, sem az elektromos munkával együttesen hatása a kábítás fenntartására. *Elfogadható* szinten a teljes idő és a kábítás hatékonysága között nincs kimutatható összefüggés, bár csökkenő tendencia látható, az áramerősséggel együtt már itt is szignifikáns a hatás (khi-négyzet=4,62, Df=1, P=0,0316). Interakció is van a két mutató között, ami szerint minél alacsonyabb az áramerősség, annál hamarabb múlik el a kábítás hatása (P=0,0141). A **szúrás után** vizsgálva nem volt a teljes időnek sem önállóan, sem más mutatókkal együtt vizsgálva sem szignifikáns hatása a narkózis fenntartására.

3.3.4. Áramerősségre és az elektromos munkára vonatkozó eredmények

Az áramerősségre és az elektromos munkára vonatkozó eredményeket együtt mutatjuk be, mert az áramerősséget mértük, míg az elektromos munkát az áramerősség felhasználásával számoltuk.

0,35 és 2,57 Amper közötti áramerősség értékeket mértünk. Az elektromos munka tekintetében 358 és 10 036 Wattsecundum (vagyis Joule) közötti értékeket számoltunk.

3.3.4.1. Kábítást követő adatok

A kábítást követően *megfelelő* szinten összesen 153 hatékony és 143 nem hatékony, *elfogadható* szinten 282 hatékony és 14 nem hatékony eset volt.

A vágóhidak egyenkénti vizsgálata és az együttes vizsgálat alapján is az áramerősség növelésével a kábítás hatékonysága növekedett. Az áramerősség hatása a kábítás hatékonyságára a kábítást követően mind *megfelelő* mind *elfogadható* szinten is szignifikáns volt (korreláció-teszt, $P=0,0000$, ill. $P=0,0005$). Az elektromos munka és a kábítás hatékonysága ugyanezt az összefüggést mutatta, nagyobb munka szignifikánsan jobb hatékonyságot eredményezett mind *megfelelő*, mind *elfogadható* szinten (korreláció-teszt, $P=0,0000$, ill. $P=0,0035$).

A logisztikus regresszió azt mutatta, hogy nincs interakció az áramerősség és a vágóhíd között, illetve az elektromos munka és a vágóhíd között sem, valamint a helyszínnek nem volt hatása sem a kábítás hatékonyságára. Következésképpen egységesen, különböző megbízhatósági szinten és különböző teljesülési szinten a hatékony kábításhoz szükséges minimális

áramerősség, illetve minimális elektromos munka az **1-2. táblázatok** szerint állapítható meg.

Megbízhatósági szint	90%	95%	99%
Szükséges minimális áramerősség (Amper) <i>megfelelő</i> teljesülési szint	1,61	1,91	2,55
Szükséges minimális áramerősség (Amper) <i>elfogadható</i> teljesülési szint	0,51	0,67	1,02

1. táblázat. A hatékony kábításhoz szükséges áramerősség megbízhatósági és teljesülési szintenként

Megbízhatósági szint	90%	95%	99%
Szükséges minimális munka (Joule) <i>megfelelő</i> teljesülési szint	6 074,09	7 525,13	10 730,64
Szükséges minimális munka (Joule) <i>elfogadható</i> teljesülési szint	5 74,51	1 578,49	3 796,4

2. táblázat. A hatékony kábításhoz szükséges elektromos munka megbízhatósági és teljesülési szintenként

3.3.4.2. A szűrást megelőző adatok

A szűrást megelőző mérések során, *megfelelő* szinten összesen 86 esetben volt megfelelő a narkózis és 210 esetben nem, míg *elfogadható* szinten 225 hatékony és 71 nem hatékony esetet rögzítettünk.

Együtt vizsgálva a két helyszínen felvett adatokat azt látjuk, hogy az áramerősség növelésével a kábítás fenntartásának hatékonysága szignifikánsan növekszik *megfelelő* és *elfogadható* szinten is (korreláció-teszt, $P=0,0000$, ill. $P=0,0000$). Azonban a vágóhidankénti adatelemzés azt mutatta, hogy bár az áramerősség növelése alapján a hatékonyság javuló tendenciát mutatott, de nem volt minden szinten igazolható szignifikáns kapcsolat. Az elektromos munkának a kábítás fenntartására gyakorolt hatása hasonló eredményt mutatott, munka növekedésével a kábítás hatékonysága szignifikánsan növekedett *megfelelő* és *elfogadható* szinten is (korreláció-teszt, $P=0,0000$, ill. $P=0,0000$). A vágóhidankénti adatelemzés szerint az elektromos munka növelése alapján a hatékonyság javuló tendenciát mutatott, de nem volt minden szinten igazolható szignifikáns kapcsolat.

A logisztikus regresszió eredménye szerint *megfelelő* szinten az áramerősség és a hatékonyság, valamint a munka és a hatékonyság kapcsolatánál is van eltérés a két helyszín között,

mely nem éri el a szignifikáns szintet, de blokkhatásként figyelembe vettük. *Elfogadható* szinten pedig a helyszín már szignifikáns hatással van mind az áramerősség és a hatékonyság (khi-négyzet=9,54, Df=1, P=0,0020), mind a munka és a hatékonyság kapcsolatára (khi-négyzet=10,86, Df=1, P=0,0010). Következésképpen a hatékony kábítás szűrásig történő fenntartásához szükséges minimális áramerősség, illetve elektromos munka kizárólag telephelyenként állapítható meg.

Az **A** vágóhídon, mivel a szűrásig eltelt idő változott, megvizsgáltuk azt is, hogy az áramerősség, illetve az elektromos munka a kábítási idővel vagy a szűrásig eltelt idővel vagy a teljes idővel együttesen gyakorol-e pozitív hatást a kábítás fenntartására, de ezeket az összefüggéseket nem sikerült igazolni.

3.3.4.3. *A szűrást követő adatok*

A szűrást követően *megfelelő* szinten összesen már csak 69 esetben volt megfelelő a narkózis és 227 esetben nem, míg *elfogadható* szinten 178 hatékony és 118 nem hatékony esetet rögzítettünk.

Leíró statisztikai elemzés alapján az összes adatot együtt vizsgálva az áramerősség növelésével a kábítás hatékonysága

a szűrást követően szignifikánsan növekedett megfelelő és elfogadható szinten is (korreláció-teszt, $P=0,0003$, ill. $P=0,0000$). Az adatokat vágóhidanként nézve az áramerősségnek mindkét szinten van hatása, de az egyik helyszínen megfelelő szinten nem volt igazolható szignifikáns kapcsolat, míg a többi esetben igen. Az elektromos munka és a kábítás hatékonysága hasonló összefüggést mutatott, a munka növekedésével a kábítás hatékonysága szignifikánsan növekedett *megfelelő* és *elfogadható* szinten is (korreláció-teszt, $P=0,0002$, ill. $P=0,0000$). Vágóhidanként nézve a munkának mindkét szinten van hatása, de az egyik helyszínen *megfelelő* szinten nem volt igazolható szignifikáns kapcsolat, míg a többi esetben igen.

A logisztikus regresszió azt mutatta, hogy az áramerősség részben a vágóhíddal (khi-négyzet=23,92, Df=1, $P=0,0000$), részben a kábítási idővel (khi-négyzet=25,96, Df=1, $P=0,0000$) interakciót mutat, így önmagában a hatékony kábítás szűrást követő fenntartásához szükséges minimális áramerősség megállapítása nem volt lehetséges. Az elektromos munka esetén ilyen interakciók nem álltak fenn, ezért a szűrást követően a hatékony kábítás fenntartásához szükséges minimális elektromos munka a **3. táblázat** szerint állapítható meg.

Az **A** vágóhídon, mivel a szűrásig eltelt idő változott, megvizsgáltuk azt is, hogy az áramerősség, illetve az elektromos

munka a kábítási idővel vagy a szűrásig eltelt idővel vagy a teljes idővel együttesen gyakorol-e pozitív hatást a kábítás fenntartására a szűrást követően, de ezeket az összefüggéseket nem sikerült igazolni.

Megbízhatósági szint	90%	95%	99%
Szükséges minimális munka (Joule) <i>megfelelő</i> teljesülési szint	9 374,55	10 961,06	14 465,84
Szükséges minimális munka (Joule) <i>elfogadható</i> teljesülési szint	4 515,59	5 629,23	8 089,38

3. táblázat. A narkózis szűrás után való fenntartásához szükséges elektromos munka megbízhatósági és teljesülési szintenként

4. Megbeszélés

Egyértelműen megállapítottuk, hogy a kábítás hatékonyságát elsősorban az áramerősség mértéke határozza meg. A feszültség és a fej ellenállása nem mutattak szignifikáns kapcsolatot a hatékonysággal.

A kábítási idő és a kábítás hatékonysága között nem volt összefüggés a vizsgálati spektrumban (3 és 35 másodperc között). Ennél rövidebb kábítási időt nem alkalmaztunk, így a korábban javasolt minimális 3 másodperc kábítási idő a gyakorlati visszaigazolás alapján is alkalmas narkózis elérésére. Az a feltevés, ami a hentesek körében igen elterjedt, hogy a hosszabb kábítási idő hatékonyabb kábítást eredményez, nem volt igazolható.

Az elektromos munka növelése szignifikáns hatással van a kábítás hatékonyságára, de mivel az idő hatását nem sikerült igazolni, ez egyértelműen az áramerősség hatásának tudható be.

A frekvencia szintén befolyásolja a kábítás hatékonyságát, mégpedig úgy, hogy a magasabb, 300 Hz körüli értéken már kevésbé hatékony a kábítás, mint az alacsonyabb, 150 Hz-re beállított kábításoknál. Megállapítottuk, hogy a frekvenciának kizárólag a kábítás hatékonyságára volt hatása, a narkózis fenntartására nem. A vizsgálatokra használt készüléken, 150 Hz-es állásban maximális áramerősségnél egy hullámperiódus 6 milliszekundum, amelyből 3 milliszekundum a pozitív félhullám. 300 Hz-en pedig 3 milliszekundum a teljes periódus és 1.5 milliszekundum a pozitív félperiódus. Ez az időszak már nem

alkalmas arra, hogy tartós depolarizáció alakuljon ki a neuronokban.

Fontos kérdés a hatékony kábítás eléréséhez szükséges minimális áramerősség. Egyfelől az áramerősség önmagában nem lehet a megfelelő elektromos kábítás előfeltétele, mert több tényező is szerepet játszik a kábítás hatékonyságában, pl. frekvencia, elektromos munka. Másfelől a jogszabályokban szereplő 1,3 A nem volt igazolható gyakorlati körülmények között. A sertések kétpontos elektromos kábításának helyes kivitelezésekor a kábító villákat mindkét oldalon a szemek és a fültő közötti területre kell helyezni. A kábítás az ilyen megfelelő pozícionálással az esetek 99%-ában várhatóan *elfogadható* lesz, ha az áramerősség legalább 1,02 Amper. Ugyanez az érték az elektromos munka esetén 3796,4 Joule.

A narkózis fennállásának szűrés előtti vizsgálata szintén azt mutatta, hogy a narkózis fenntartásában is a kábításkor alkalmazott elektromos áram szerepe döntő jelentőségű. Itt azonban az is megállapítható volt, hogy a szükséges minimális áramerősséget helyszínenként lehet csak meghatározni. Az is látszik, hogy a narkózis megfelelő fenntartását a szűrésig eltelt idő is befolyásolja. Ezt egyrészt abból láttuk, hogy ennek az időszaknak a növekedésével szignifikánsan csökkent a narkózis fenntartásának gyakorisága. Másrészt pedig a szűrésig

eltelt idő, illetve a teljes idő, az áramerősséggel együtt, szignifikáns hatást mutatott: nagyobb áramerősség jobb narkózist, hosszabb szűrásig eltelt idő gyengébbet okozott.

A tudat visszanyerése a szűrásig eltelt idővel egyre nagyobb eséllyel következik be, a szűrás optimális időpontja a kábítás végétől mérve biztosan 32 másodperc alatt van.

Az elektromos munka az áramerősséghez hasonló hatást mutat a narkózis szűrásig való fenntartásában, amit elsősorban annak tudunk be, hogy a munka számításában az egyik tényező az áramerősség.

A szűrást követően a narkózis fennállására a legnagyobb hatással szintén a kábítási áram van. Itt azonban az áramerősséggel együtt már nem csak a helyszín, hanem a kábítási idő is befolyással van a hatékonyságra, ezért a narkózis fenntartásához szükséges minimális áramerősség megállapítása nem lehetséges. Az elektromos munka alkalmazása kiküszöböli ezt a nehézséget. Megállapítható, hogy a kábítás az esetek 99%-ában elfogadhatóan fennáll a szűrást követően, ha a kábításkor az elektromos munka legalább 8089,38 J. Itt az elektromos munkában együttesen érvényesül a kábítási áram erősségének és a kábítási idő hosszának a hatása. Egy áramkörbe iktatott ellenálláson az elektromos

munka hővé alakul. Jelen esetben ellenállásként a fej és annak szövetei, sejtjei értelmezhetők. A hőhatás a szövetekben, sejtekben koagulációs nekrozist és a fehérjék denaturációját okozhatja. Feltételezhető, hogy a kábításkor keletkező elektromos munka ilyen szövetkárosító hatás révén játszhat szerepet a narkózis fenntartásában akkor is, ha szűrés 32 másodpercen túl következik be.

Összefoglalva a gyakorlati körülmények között elvégzett méréseket, a kábítás kialakítására és fenntartására nézve az áramerősség hatása döntő jelentőségű. A behatási idő az elektromos munka részeként játszik szerepet. Az elektromos munka jelentősége pedig a narkózis hosszú távú fenntartásában van. Az elektromos mutatók megfelelő beállítása azonban önmagában elégtelen, a jó kábítás megállapításához az állatokon látható jelek vizsgálata elengedhetetlen.

5. Új tudományos eredmények

1. Igazoltuk, hogy a kétpontos elektromos kábítás hatékonyságát elsősorban az áramerősség határozza meg.
2. Igazoltuk, hogy a kábítás alacsonyabb frekvencián hatékony, magasabb frekvencián nem.
3. Új minimum értéket állapítottunk meg az elfogadható kábítás létrejöttéhez szükséges áramerősségre (1,02 A), amennyiben a kétpontos elektromos kábítást a kábító villák megfelelő pozícionálásával hajtották végre.
4. Igazoltuk, hogy a hatékony kábítást követően a sertések 32 másodperc elteltével már biztosan elkezdik visszanyerni a tudatot és a fájdalomérzést.
5. Igazoltuk, hogy a kétpontos elektromos kábítás során keletkező narkózis fenntartásában az áramerősség mellett az elektromos munka is szerepet játszik, melynek javasolt minimum értéke 8089,38 J.

6. A doktori kutatás eredményeinek közlései

- a) Lektorált, impakt faktorraal bíró tudományos folyóiratban megjelent/elfogadott publikációk

Vegh, A., Abonyi-Toth, Zs., Rafai, P.: Verification of the technical parameters of head-only electrical stunning of pigs under commercial conditions. Acta Vet. Hung., 58. 147-56, 2010.

Vegh, A., Abonyi-Toth, Zs., Rafai, P.: Effect of current and duration on the efficiency of head-only electrical stunning in pigs under commercial conditions. Acta Vet. Hung., 2016. (közlésre benyújtva)

Végh Á.: Az állatok jólléte – tudományos értelmezések. Magyar Állatorvosok Lapja 134. 741–750, 2012.

Végh Á., Abonyi-Tóth Zs., Rafai P.: Gyakorlati vizsgálatok a kábító áram frekvenciájának sertések kétpontos elektromos kábítása során kifejtett hatásáról. Magyar Állatorvosok Lapja, 2016. (közlésre elfogadva)

Jurkovich V., Fóris B., **Végh Á.**: Az állatjóllét értékelésének lehetőségei tejtermelő tehenészetekben. Magyar Állatorvosok Lapja 134. 442–448, 2012.

Jurkovich V., Fóris B., **Végh Á.**, Kovács P., Könyves L., Brydl E.: Az állatjóllét értékelése hazai tejtermelő

tehenészetekben. Magyar Állatorvosok Lapja 134. 605–613, 2012.

- b) Lektorált, impakt faktorral nem bíró tudományos folyóiratban megjelent/elfogadott publikációk

Weber M., Jurkovich V., Fóris B., Szklenár A., Hadfi Zs., Fazekas N., **Végh Á.**: A welfare quality® módszertana – az állatjólléti mérések fejlesztése. Animal welfare, etológia és tartástechnológia, 9. 76-82, 2013.

- c) Könyvek, könyvfejezetek

Végh Á.: Állatjólléti felelősök képzése az állattartó telepeken – Az állatok védelméről és kíméletéről szóló 1998. évi XXVIII. törvény módosításáról szóló 2011. évi CLVIII. törvény (Magyar Közlöny 2011/140.), valamint a kapcsolódó rendeletek, különösen a mezőgazdasági haszonállatok tartásának állatvédelmi szabályairól szóló, többször módosított 32/1999. (III.31.) FVM rendelet alapján. NÉBIH, Budapest, 2012.

- d) Konferencia prezentációk

Végh Á.: Az állatjóllét fogalma és meghatározási lehetőségei a gazdasági haszonállatok vonatkozásában, III. Gödöllői Állattenyésztési Tudományos Napok, Gödöllő, 2011.

Végh Á.: Sertéstartás állatvédelmi kérdései, Kövesnapok, Siófok, 2012.

7. Köszönetnyilvánítás

Munkám elkészítésében sok, őszinte, kedves ember nyújtott segítséget. Köszönetet mondok:

- Dr. Rafai Pál, tanár úrnak bölcs tanácsaiért és útmutatásaiért,
- dr. Ózsvári László, docens úrnak a folyamatos buzdításért,
- Abonyi-Tóth Zsoltnak azért az izgalmas szellemi alkotó munkáért, mely lehetővé tette a mérési eredmények szakszerű értelmezését,
- Turbucz Gábornak a kábító és a kábítást ellenőrző műszerek összeállításáért, a kapcsolódó műszaki rajzokért és a szakszerű leírásokért,
- a mérések helyszínéül szolgáló vágóhidak tulajdonosainak, hogy engedélyezték a mérések elvégzését,
- a vágóhidakon dolgozó henteseknek, akik a kábítást útmutatásaim szerint, kiváló szakértelemmel végezték el,
- dr. Reinitz László Zoltánnak az anatómiai ábráért,
- feleségemnek megértő türelméért.