

SZAKDOLGOZAT

Dobos Áron

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Kaposvári Campus
Lótenyésztő, lovassport szervező agrármérnök
alapképzési szak

LOVAK ÉLETTANI PARAMÉTEREINEK
MONITOROZÁSA SAJÁT FEJLESZTÉSŰ SMARTHORSE
TECHNOLÓGIÁVAL

Belső konzulens: Dr. Gyovai Petra
egyetemi adjunktus

intézete/tanszéke: Állattenyésztési
Tudományok Intézet,
Állatnemesítési Tanszék

Készítette: Dobos Áron

MATE Kaposvári Campus
2024

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések	4
2. Szakirodalmi áttekintés	6
2.1. IoT	6
2.1.1. IoAHT	7
2.1.1.1. IoAHT felhasználása a lovak világában	8
2.2. A ló anatómiai szempontú áttekintése	11
2.1.1. Izomregeneráció	15
2.2. A ló edzőmunkája	16
2.4. A lovak élettani alapértékei	18
2.4.1 A ló pulzusának változása munka során	19
2.4.2. Az edzés energiaellátása	20
3. Alkalmazott módszerek	21
3.1. A felhasznált technológia	21
3.1.1 Hardver és szoftver kiválasztása	21
3.1.2. Szenzorok kiválasztása	23
3.1.2.1. Pulzust detektáló szenzor	23
3.1.2.2. Légzést detektáló szenzor	25
3.1.2.3. Izzadást és testhőt detektáló szenzor	26
3.1.2.4. Egyéb értékek detektálásának lehetősége	27
3.2. A kialakított eszköz tesztelésének folyamata	29
3.3. A tesztelt lovak bemutatása	32
4. Eredmények és értékelésük	36
4.1. Teszteredmények, adatelemzés	36
4.2. Esettanulmány	41
5. Következtetések és javaslatok	44
5.1. Szakágak szerinti hasznosítás	46
6. Összefoglalás	49

Irodalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések

A XXI. században hódítanak az okos eszközök. Életünk minden területén jelen vannak, legyen szó kommunikációról, várostervezésről, közlekedésről, okos otthonokról, utazásról, egészségügyről vagy sportról. Minden eszközünket elérhetjük bárhol az interneten keresztül. A gyűjtött adatok is sokfélék lehetnek, az egészségügyi adatok esetén többek között pulzusszám, vérnyomás, véroxigén szint, stressz-szint, lépésszám, vagy éppen az elégetett kalória is megjelenhet.

Ezek a termékek hasznosságukat és precizitásukat több fronton bizonyították már. Mivel mindezen eszközök általában teljes hozzáférést kapnak az adataink felvételéhez (legyen szó bármely fiziológiai adatunkról, melynek monitorozására képes az eszköz), tárolásához és kielemezéséhez, így egészen új távlatokat nyitottak meg. Humán orvoslás terén az okosórák jelentősége megkerülhetetlen, leggyakrabban szívritmuszavarok szűrésével, túlzottan magas stressz-szintre való figyelmeztetéssel, alvás-monitorozással érik el az életminőség javítását, de nem ritka az sem, hogy az esésfigyelő funkció menti meg a felhasználó életét, egy segélyhívás és GPS-es koordináta elküldésével.

Az orvoslás mellett egyértelműen a sport az, ahol a legnagyobb előrelépést hozzák, hozhatják a biomonitorozásra alkalmas eszközök. Az élsportban természetesen még az okosóráknál is régebbre mehetünk vissza, amikor már használtak fiziológiai adatokat rögzítő eszközöket. Mindezt leginkább a futó, gyalogló sportokban kezdték el használni. Mostanra már a hobbi sportolók számára is könnyen elérhetővé váltak, így nagyon sokan alkalmaznak okos órákat a sporttevékenységük figyelemmel követésére, az elégetett kalóriáik számolására, a mindennapi sporttevékenységeik archiválására.

Mindebből látható, hogy az emberek világát mára teljes mértékben behálózta az okos eszközök együttműködő sokasága, és vált a mindennapok részévé. Az állatok világában is számtalan felhasználási terület valósult már meg, beleértve a vad-, házi-, vagy haszonállatokat. Ez utóbbi legjobb példája a precíziós állattenyésztés, ahol a környezeti, élettani, fizikai aktivitást jelző adatok, illetve a termelési adatok egyed szintű gyűjtésével nyomon követhető az állatok mindenkori állapota. Az adatok alapján optimalizálhatók a tartáshoz és a termeléshez szükséges inputok mindenkori mennyiségei és összetevői, a környezeti tényezők feltételei,

illetve megelőzhetők, vagy időben kezelhetők az egyed és állomány szintjén fellépő egészségügyi kockázatok.

Az állatok fiziológiai adatainak gyűjtése a lehetőségek ellenére még gyerek cipőben jár. Ennek oka a bonyolultsága, és a vélt megvalósítási költségek. Az állatorvoslásban ezen adatok folyamatos rögzítése fontos eleme a vizsgálatoknak és a diagnózisok felállításának, így itt figyelhető meg a terület leggyorsabb fejlődése.

A lósport az állattartás és a sport egyedi ötvözte, ahol a korábban említett fiziológiai adatgyűjtés fontos elemét képezheti a ló edzésprogramját vizsgáló, és az azt megalapozó általános kondíció nyomon követését célzó eszközrendszernek. A sportlovak magas piaci értéke miatt is fontos kondíciójuk folyamatos vizsgálata és egészségügyi állapotuk nyomon követése, mert ez teszi lehetővé a sportteljesítmény növelését. Ebben pedig kulcsszerepe lehet az IoAHT technológiának.

A dolgozat és az azt megalapozó munka célja az volt, hogy kidolgozzak és teszteljek egy eszközrendszert, mely a piacon jelenleg elérhető olcsó szenzorok alkalmazásával, illetve a rá épülő informatikai feldolgozó, tároló és elemző algoritmusokkal képes a hobbi- és versenylovak általános állapotának nyomon követésére, az edzőmunka hatékonyságának vizsgálatára, illetve egészségügyi veszélyhelyzetek időben történő jelzésére. Munkám első lépésében kiválasztásra kerültek a fiziológiai szempontból fontos szenzorok, melyek direkt vagy indirekt módon képesek adatot szolgáltatni, majd az így kialakított szenzorcsoporthoz egy egységes eszközbe (hevederbe) építettem. Kialakításra került az informatikai adatgyűjtési és feldolgozási háttér, majd a kész prototípust több lovon teszteltem az adatok valóságának, illetve értelmezhetőségének szempontjából. Dolgozatomban ennek a munkának az eredményeit, a technológia alkalmazhatóságát, előnyeit és korlátait szeretném bemutatni, kitekintéssel az egyes szakágak szerinti felhasználhatóságra

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. IoT

Az információs technológia egyik hívószava az Internet of Things (IoT). A „dolgok internete” azt jelenti, hogy egyre több eszközben van adatok rögzítésére, továbbítására és fogadására alkalmas hardver beépítve, ezáltal lehetőséget teremtünk arra, hogy ezek a dolgok kommunikáljanak egymással. A dolgok internetéhez (IoT) csatlakozó eszközök száma rohamosan nőtt a közelmúltban, az összekapcsoltság (connectivity) általános jelenséggé vált. Becslések szerint 2020-ban már mintegy 30 milliárd ilyen eszközzel számolhattunk, ami jóval több, mint az internethez csatlakozó emberek száma (Bögel, 2018).

A korszerű technológiáknak köszönhetően az IoT-be tartozhat a legkisebb, fél dolláros chip-től elkezdve a repülőgépek komplex és precíz rendszeréig, bármi. Az IoT technológia legnagyobb erőssége, hogy az egyébként csak real time adatokként létező, hardverek által közölt jelzéseket az IoT segítségével el lehet raktározni, és bármikor vissza lehet keresni, így az adatok összehasonlíthatóvá, elemezhetővé válnak.

Maga az ötlet már az 1980-1990-es években felmerült, de akkoriban még nem lehetett a mai szinten kivitelezni, a szerverek túlzott mérete és nem megfelelő sebessége, tárhelye miatt. Azok az adathordozók, amik manapság elérnek egy telefonban, akár SIM kártya formájában, azok akkoriban még teljes helyiségeket foglaltak el, és az adatátviteli sebességük túl alacsony volt. A fejlődés azonban folyamatosan tartott, és a 2000-es évekre megérkezett a vezeték nélküli technológiáknak egy új korszaka, az IP-vel. 2010-re a készülékek jó része IP címet kapott, ezzel azonosíthatóvá váltak az IoT világában, és kommunikálni tudtak egymással az internet segítségével. Az IoT gyorsan elterjedt az egész világon, minden téren, kezdve az autók világától az okosotthonokig, a sporton és egészségügyön át, egészen a mezőgazdaságig, s ezen belül a kutatásom szempontjából középpontba helyezett állattartókig (Singh et al. 2021). Az IoT integrációja a mezőgazdasági szektoron belül is jelentősen előrehaladt, amit bizonyít a különféle olyan alkalmazásokba való beépítése, mint például az időjárási viszonyok, a talajnedvesség, a hőmérséklet, a termékenység és a termés figyelése, a gyom- és kártevő-felderítés vagy az öntözés szabályozása. Az IoT-érzékelők bevetésével a gazdálkodók csökkenthetik az ember által elvégzett munka mennyiségét és növelhetik a működési hatékonyságot. Az adatfeldolgozó algoritmusok alkalmazása pedig további innovációk és adatvezérelt szolgáltatások fejlesztésére teremthet lehetőséget (Atalla et al., 2023).

A Farming 4.0 azoknak a ma rendelkezésre álló informatikai eszközöknek a halmazát jelenti, amelyeket az agráriumban alkalmaznak (Popp et al., 2018).

2.1.1. IoAHT

Az IoAHT -The Internet of Animal Healthy Things - az IoT-nek az állatvilággal foglalkozó ágazata.

Az IoAHT-nek többek között a vadállatok életterének és életminőségének megóvásában is fontos szerepe van. A vadállatokba ültetett nyomkövető chip-ek is ide tartoznak. Ezek segítenek abban, hogy az állatok mozgását nyomon lehessen követni, ezzel feltárni életterüket, napi mozgásukat, életkultúrájukat. Ez segíthet többek között abban is, hogy a természetvédelmi területeket megfelelően ki lehessen jelölni, különös tekintettel a párzási területekre, amivel mind az embereket, mind pedig az állatokat biztonságban lehet tudni. Példaként lehet hozni az afrikai rezervátumokat, ahol GPS-el ellátott chip-ek vannak az elefántokba ültetve, melyek élő adatokat küldenek a vadőrök okostelefonjára, így mindig tudják, hogy merre járnak az adott példányok (Zhao et al. 2016).

Az okos és hálózatra kapcsolt eszközök új innovációs és hatékonyság-növelési lehetőségeket nyitnak meg a mezőgazdasági szektor minden pontján (Smith et al. 2015). A gazdálkodók is hamar felismerték az IoAHT előnyeit, és mára már számtalan eszköz, technológia jött létre a farmgazdaságok munkájának segítésére (szenzorok, online talaj- és időjárás-elemzés, GPS irányítású traktorok, automatizált vezérlésű permetező vagy öntöző szórófejek stb.). Az állattenyésztésben a teheneknél például már használnak olyan nyakörveket, amelyek adatokat közölnek az állatok hollétéről, tevékenységéről, így a gazda azonnal értesülhet róla, ha az állat a legelőn rosszul lesz, esetleg ellik, vagy akár, hogy mikor a legideálisabb a tej termelése (Reddy-Nandini, 2019). A magyar Moonsyst pedig szenzorokat telepít a tehenek bendőjébe, a pH értékeket mutató adatok onnan érkeznek rádiós kapcsolat révén folyamatosan az informatikai felhőbe. Ilyen adatokból fontos következtetéseket lehet levonni az állatok táplálkozásáról, egészségi állapotáról. Beszélhetünk tehát akár a „tehenek internetéről” is (Bögel, 2018).

Nem csak a haszonállatok, hanem a háziállatok szegmensében is felfelé ível az IoAHT eszközök száma és felhasználás variabilitása. Többek között, a tehenekhez hasonlóan a kutyaáknak is van olyan nyakörv, amely képes a kutya helyzetét meghatározni, és azt közölni a gazdájával. De nem csak nyomon követni lehet a kutyát, létezik olyan eszköz, mely a kutyának

különféle nehézségű feladatokat ad, és ezzel köti le a házi kedvencet, amíg a gazda távol van (Smith et al. 2015).

2.1.1.1. IoAHT felhasználása a lovak világában

A lovak világában sem ismeretlen az IoAHT eszközök használata. Elsősorban a professzionális orvoslás területén használják, de teret kap már a sport- és hobбилó tartók körében is. (Atalla et al., 2023)

Ha a lóorvoslás vonalát nézzük, akkor a korszerű képalkotó eljárások megjelenése mellett a lovak monitorozására használt eszközök palettája bővült intenzíven az utóbbi évtizedekben. Kiemelten fontos ezen eszközök megfelelő működése a műtétek alatt. Ilyenkor a ló elektrokardiogrammját, pulzusát, légzésszámát mindenképpen a lehető legpontosabban kell látnia az orvosnak, mivel egy műtét alatt a legkisebb változás is rengeteget számíthat a műtét kimenetele szempontjából. A légzésszám detektáló együtt működik a speciális lélegeztetőgéppel, mely a mélyaltatás folyamán a lovat életben tartja, szükség esetén mesterségesen lélegeztetheti. Az elektrokardiogramm és pulzus detektálás az EKG tappancsokkal történik, melyek folyamatosan élő adatot közvetítenek a ló szívműködéséről (Bódai-Makra, 2019).

A műtét utáni 24-48 órában is számos veszélyforrás marad még fenn a lóra vonatkozásában. Ezidő alatt nincs egy orvos vagy asszisztens, aki végig figyeli a lovat, és folyamatosan méri minden fontos fiziológiai tényezőjét. Erre az esetre speciális pántokat használnak (általában polár eszközzel felszerelve), mely tudja rögzíteni a ló pulzusszámát. Azt hogy a ló áll, vagy fekszik, azt egy bizonyos magasságban felhelyezett fotocella rendszer szokta vizsgálni, mely az álló lovat érzékeli, míg a fekvő ló a fotocella rendszer magassága alatt helyezkedik el, így ha a ló túl sokáig, vagy túl nagy gyakorisággal fekszik le, alesetben tudja riasztani az orvosokat. A ingerültség, feszültség mérésére három tengelyes giroszkóp a leggyakoribb szenzor, mely érzékeli ha a ló nyugtalan, kapar, sokat jár a feje, lefekszik, feláll. Ennek a szenzor megoldásnak a programozási procedúrája nehezebb, mint a boxra szerelté, mindazonáltal felhasználási területei jóval sokoldalúbbak. (Bódai-Makra, 2019).

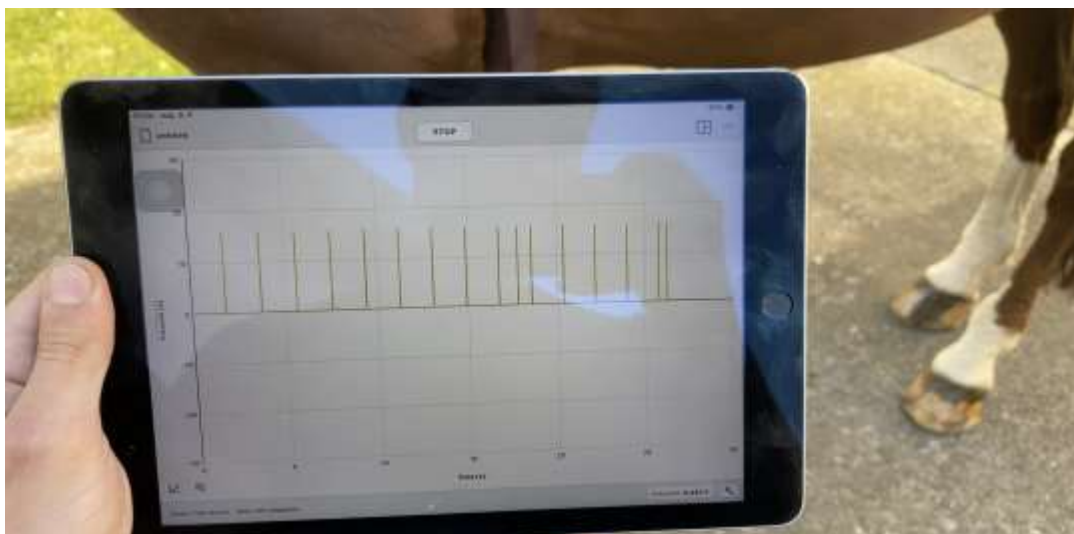
Az állatorvoslás mellett a magánszemélyek is egyre inkább érdeklődést mutatnak a lovuk mélyebb megismerése iránt, így közvetve azon eszközök iránt, melyek ebben segítenek (Treiber, 2022). Számos ilyen eszköz található már a piacon.

A lovaknál jelenleg az egyik legelterjedtebb a NightWatch nevű termék, amely egy kötőfék. Ez a kötőfék, a lovon tartva, képes annak az útvonalát rögzíteni, értesíti a felhasználót, ha a ló fekszik, vagy a készülék megítélése alapján idegesen viselkedik. Maga a termék szép, igényes, bőrből készül, és a szenzorok a tarkó szíjban helyezkednek el. A probléma, hogy ez a termék a lovak "szabadidejükben" történő megfigyelésére készült, amikor azok karámban, boxban tartózkodnak, ahol az állat lefekszik, hempereg, így egy igényes terméket elég hamar leamortizál. Emelett sok lónál nem előnyös a kötőféket a lovon hagyni akkor, amikor az egyedül van a karámban, boxban. A ló könnyen esik pánikba, tekintve, hogy menekülő állatról beszélünk. Ha esetleg a kötőfék fennakad egy karón, faágon, vagy a boxban, akár saját lábát akasztja bele, nagyon könnyen baleset lehet belőle (www.smarthalter.com).

Két másik hasonló termék az Equisense Care és az Equisense Motion S, ami egy termék család, és áll egy szenzorból, annak a lóra való felcsatolásához szükséges eszközéből, és egy akkumulátorból. Ez már képes a ló pulzusának (lásd 1. ábra), elégetett kalóriáinak, edzőmunkája intenzitásának a rögzítésre, tehát mondhatni egy kiforrott darabról van szó. Ami azonban itt is problémaként merül fel, hogy a termék felhelyezése, működésbe hozása, és így használata komplikált egy sima heveder felhelyezéséhez képest. Ez azzal járó, hogy sok lovas számára nem megfelelő a felhasználói élmény, mivel ha valakinek egy napra akár több ló van, akkor nem engedheti meg magának egy ilyen típusú termék összeszerelését (equisense.com; www.horseillustrated.com).

1.ábra: Ló pulzus adatainak rögzítése IoAHT technológiával

(forrás: saját felvétel)



A tenyésztésben is megtalálható az IoAHT technológia, a különféle ellésfigyelők képében. Ezek az eszközök a ló vemhességének kései szakaszában kerülnek felhelyezésre, és az ellés beindulását hivatott jelezni az állatorvos és a tulajdonos részére, ezáltal csökkentve az esélyét a különféle ellési komplikációknak.

Az IoAHT technológiák nem csak a fiziológiás adatokat rögzítő szenzorokat foglalják magukba, melyeket a lóra fel tudunk helyezni. Ha például az okos heveder vonalán a felszereléseknél maradunk, akkor nem is kell messzebbre menni, mint a nyereg, amely fontos eleme a heveder megfelelő működésének. Ahhoz, hogy a heveder releváns adatokat küldhessen, ahhoz annak egy fix felhelyezésre van szüksége, amelynek az alapja egy jól illeszkedő nyereg. Az IoT technológiák egyik ékköve a LIDAR szenzorok családja. A LIDAR magyarul lézer alapú távérzékelés, alapvetően egy, a kibocsátó eszköz és valamely visszaverő felület távolságának meghatározásra szolgáló módszer. Ennek felhasználása a nyerges mesterek, és nyeregkészítők számára nyújthat új lehetőségeket, és ezáltal fontos pontja lehet a heveder megfelelő használatának. A LIDAR technológia lehetővé teszi a 3D-s letapogatásnak egy mm-re pontos formáját, mely a nyeregváz elkészítésének alapját adhatja. A ló hátának teljes pontossággal végzett letapogatása egy precíz, pontosan illeszkedő, és folyamatosan a lóra formálható nyereg alapját adhatja meg. (2. ábra) (Li et al., 2022).

2.ábra: A ló hátának Lidar szkennelvel készített modellje

(forrás: saját felvétel)



a. A ló anatómiai szempontú áttekintése

Ahhoz, hogy egy ló-egészségügyi szempontból használható, nyugalmi helyzetben és mozgás, munka közben fiziológiás adatokat detektáló szenzorcsoporthoz fejlesztése elindulhasson, alapvető anatómiai, élettani és edzésméleti tudásra van szükség. Ezek a fejezetek következnek most.

3.ábra: A ló anatómiai felépítése

(forrás: saját rajz)



Egy ló egészen születésétől kezdve van kitéve az emberi tényezőnek, mely végigkíséri a nevelkedését, egyedfejlődését. A tartástechnológiától a takarmányozáson át a munkába hozatalig és a mindennapi munkáig rengeteg tényező befolyásolja a ló végleges állapotát, kondícióját. Ebben a sokoldalúságban jelentős szerepe van annak a ténynek is, hogy a ló háttartású állat, ezzel pedig felépítése, mozgása, egyensúlyi állapota alá van rendelve egy lovasnak.

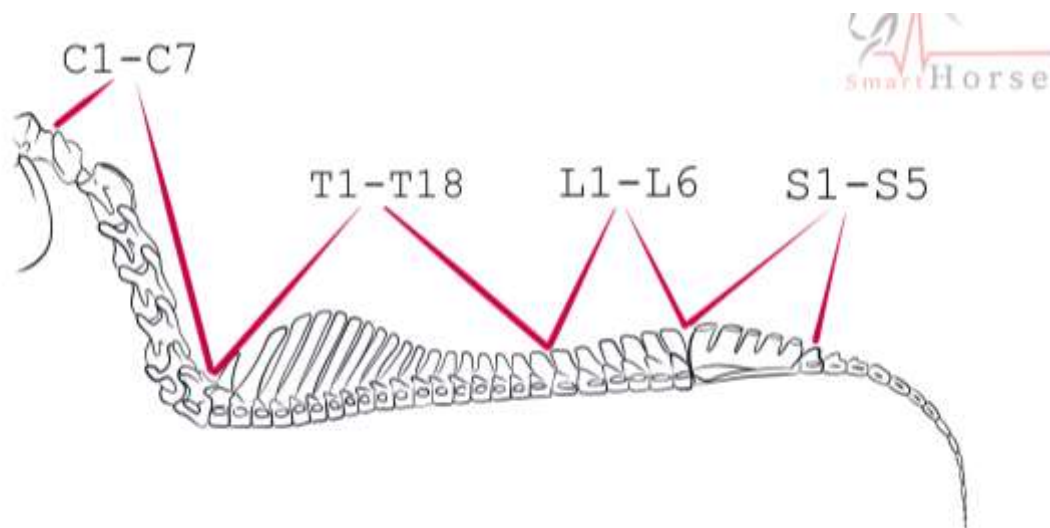
A ló, anatómiáját tekintve, folyamatos fejlődésen megy keresztül a céltudatos tenyésztés, szelekció következtében. Mozgásszerve, hasonlóan az emberéhez, szétválasztható passzív, illetve aktív mozgásszervi elemekre. Passzív mozgásszervbe tartozik a csontos váz, míg az aktív mozgásszervi elemet az izomzat és ízesülések adják.

A ló csontos váza több ponton is speciális. Mindennek a központi eleme a ló gerincoszlopa. A gerincoszlop alkotó elemei a csigolyák, melyek szakaszonként mutatnak eltérést arányaikat tekintve. Mindnek megvan a maga sajátossága, ismertető jegyei (4. ábra).

Az első szakasz a cervicalis szakasz, mely hét darab cervicalis csigolyát foglal magába. A cervicalis csigolyák kialakítása a legrendszeretlenebb, tövis- és harántnyúlványaik nem kifejezők. A C1 és C2-es csigolya a leginkább különböző a többitől, ez a két csigolya külön megnevezést is kapott: Atlas és Axis. A cervicalis szakasz a legmobilisabb, minden irányba nagy mozgástartománnyal. Teherhodó képessége ehhez mérten azonban csekély.

4.ábra: A ló gerincoszlopa szakaszokra bontva

(forrás: saját rajz)



A thoracalis szakasz tizennyolc darab thoracalis csigolyából áll. A thoracalis csigolyák sajátossága a kifejező, fejlett tövisnyúlvány, főleg a mar tájékán (ezek a fejlett tövisnyúlványok alkotják a ló marját). Harántnyúlványai csökevényesek. A thoracalis csigolyák ízesüléseinél kapnak helyet a bordák ízesülései is.

A lumbalis szakasz hat darab lumbalis csigolyát foglal magába. Ezeknek a csigolyáknak sajátossága a thoracalis szakasz harmadik harmadában található csigolyák tövisnyúlványaival megegyező tövisnyúlvány méret és a kifejezett, fejlett harántnyúlvány. A thoracalis, és lumbalis gerinc szakasz laterális hajlíthatósága nagyon minimális. A sacralis szakasszal zárul a gerincoszlop, mely öt darab összezsontosodott sacralis csigolyából áll. Ezek a csigolyák semmi féle mozgástartománnyal nem rendelkeznek (Husvéth, 2000; Higgins, 2012; Higgins 2016).

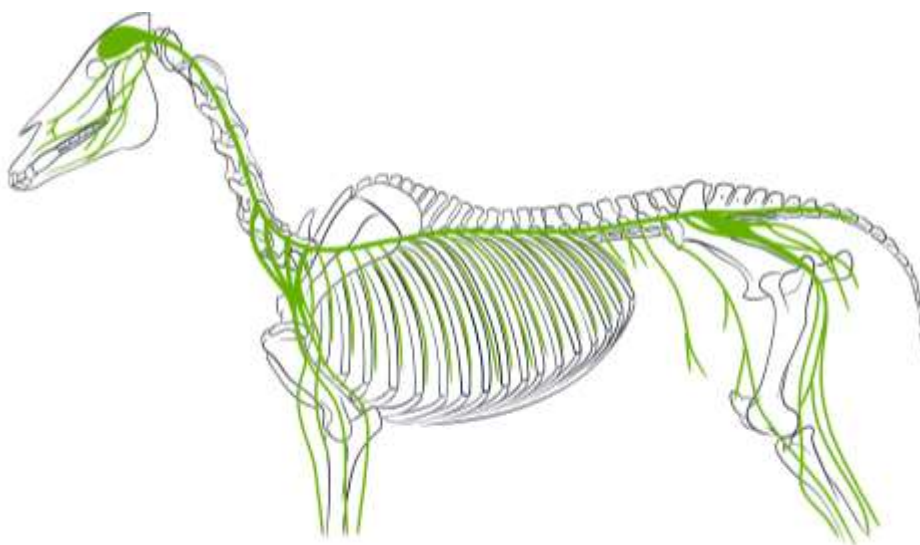
A ló bordakosara tizenhét bordából áll. Ezeket is megkülönböztetjük egymástól. Az első nyolc darab borda egyenesen a szegycsontra csatlakozik, minden nemű toldás nélkül, így ezeket nevezzük igazi bordának. A további tíz borda egymással kapcsolódik össze porcokkal, és így kapcsolódnak a szegycsontra, így ezeket a bordákat állbordáknak, vagy lengő bordáknak nevezzük. A lengő borda stabilitása kisebb, viszont mozgástartománya szükséges, például a ló légzése folyamán, amikor is tágul és szűkül (5. ábra) (Husvéth, 2000; Higgins, 2012).

Az atlas csigolya a koponyával alkotja a tarkó ízületet. A ló koponyája harmincnégy darab lemezből áll, melyek fibrocelluláris ízületekkel kapcsolódnak össze.

A ló elülső és hátulsó végtag proximális fele között teszünk különbséget. Az elülső végtagok ízületesen nem csatlakoznak a ló bordakosarára, sem a gerincére. A ló törzsét szalagok és izmok rögzítik a két elülső végtag közé. Ezt az izomláncot nevezzük mellkasi hevedernek. Az elülső végtag a scapula-val kezdődik, onnan distalisan a váll ízület kapcsolja a humerushoz, amit pedig a könyök ízület csatol az ulna-hoz és radius-hoz, majd a carpus következik.

5.ábra: A ló csontos vázának és idegrendszerének sematikus ábrázolása

(forrás: saját rajz)



A hátulsó végtagokat a pelvis csatlakoztatja a gerincoszlopra, egy feszes ízülettel, ennek az ízesülésnek a neve az iliosacralis ízület. A pelvis-hez a csípőízületen keresztül csatlakozik a femur, mely a ló csontos vázának a legerősebb, legvastagabb csontja. A femurhoz a térdízületen keresztül ízesül a tibia és a fibula, melyek után a csánk ízület, azaz tarsus következik.

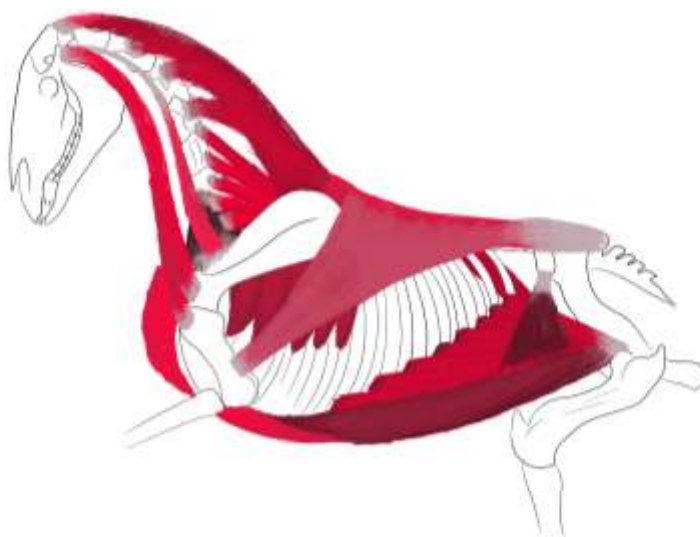
Ezalatt a distalis lábvég – mind a mellső, mind a hátsó végtagon - kialakításában azonos. A metatarsus és metacarpus csontok alkotják az elülső és hátsó végtagok lábtő és csánk alatti területét. Tovább distalisan a csüd, párta és pata ízület, és a P1, P2, P3, és Ps csontok alkotják a ló distalis lábvégét. (Husvéth, 2000; Higgins, 2012; Higgins 2016). A csontok egymáshoz ízületeket képezve csatlakoznak, és szalagok tartják őket össze.

A ló izomzata egy komplex rendszer, melynek működése, biomechanikája megköveteli néhány fontosabb izomcsoport ismeretét. (6. ábra)

Az izomzat működési mechanizmusa nem tér el kifejezetten az emberétől. Az izom szövettana alapján megkülönböztetünk többféle izomszövetet. Az izom lehet szívizomszövet, mely a szívet alkotja, sajátossága, hogy folyamatos, pihenés nélküli működésre képes, mely nem akaratlagos. Lehet simaizomszövet, mely a belsőszerveket alkotja, belek perisztaltikus mozgásait hozza létre. A simaizomszövet szintén akaratlan működik, de szüksége van pihenésre. Valamint beszélhetünk harántcsíkolt izomszövetről, mely a vázizomzatot alkotja. Ez a szövettípus akaratlagos mozgásra képes, mely lehet szándékos, és lehet reflexszerű is (exteroceptív reflexek) (Novotniné, 2020; Filipsz, 2014)

A lovakban az izomtömeg a testtömeg 44-53%-a, fajtától és erőnlétől is függően. A mozgásban kiemelkedő fontosságú és a gerinc dinamikus funkcióját biztosító izmok: a nyak, a váll, a lapocka és a martájék izomcsoportjai, felületes és mély hátizmok, a csípőtájéki horpasz izmok és a hasizmok (6. ábra)

6.ábra: A ló néhány fontosabb izomcsoportja
(forrás: saját rajz)



A ló fő támasztó izomcsoportjait magába foglaló izomcsoport a core izomcsoport. A core izomcsoport felel a testtartás alapjaiért, a gerinc megfelelő támasztásáért, a végtagok stabilitásáért, de ez felel a mozgáskoordinációért, egyensúlyozásért és a teherhordásért is. A core izomcsoport alkotói a Musculus Serratus ventralis, Musculus Multifidus cervicis és thoracic, Musculus pectoral, Musculus Spas, Musculus Rectus Abdominus. Fontos kiemelni a főbb izomláncokat is. Az izomlánc azon izmok csoportja, melyek azonos funkció elvégzésében vesznek részt. Ilyenek az elülső végtagot előreleadító és visszahúzó izomlánc, a gerincet hajlító és a gerincet nyújtó izomlánc, valamint az oldalsó hajlító izomlánc. Ezek mind fontos funkciókat látnak el a ló nyereg alatti munkája idején, de a mindennapjai során is. Bármely izomlánc diszfunkciója erőteljes, jól felismerhető tünetekkel jár (Husvéth, 2000; Higgins, 2016; Novotniné, 2020).

Az izom felépítését tekintve szarkomerekből áll, melyek izomszálakat, azok izomrostokat, és végül izomcsoportokat alkotnak. Az izom, attól függően, hogy a mindennapok folyamán milyen terhelésnek van kitéve, képes rövidülni, nyúlni. Amennyiben az izom túlnyomó részében összehúzott állapotban van, a szervezet szarkomereket fog eltávolítani az izomrostokból, ezáltal az izom rövidül. Ennek lényege, hogy a szervezet így minimális energiabefektetéssel tud működni, hiszen az izomcsoportok hossza a mindennapi munkához ideálisan illeszkedik (Novotniné, 2020).

Az izom fejlődésének fontos eleme a regeneráció, mely a pihenés szakaszában megy végbe

2.1.1. Izomregeneráció

Az izomregeneráció az edzőmunka fontos része. A ló edzőmunkája alatt az izomzat célzottan degradálódik, az izomszövetek, izomrostok roncsolódnak. Ez a degradációs folyamat összefüggésben van az izmok által végzett munka mennyiségével és annak terhelési szintjével. Az, hogy a degradáció milyen mértékben megy végbe, mindig függ a terhelés milyenségétől, mennyiségétől, és a ló aktuális kondíciójától (Nyerges-Bohák et al. 2022).

Maga az izomregeneráció, köznapi nevén izomépülés a regenerációs szakaszban megy végbe, nem pedig edzőmunka alatt. Amely izomcsoportok edzés közben roncsolódnak, azoknak az edzés utáni regenerációs szakaszban kell, nemhogy az alap állapotra visszatérniük, de még egy kicsit annál jobb minőségben kell helyreállítani az adott izmot. Mindez a túlkompensációs folyamatok alatt megy végbe. A túlkompensáció egy, a humán sportban és edzésméletben is ismert fogalom. Túlkompensációnak nevezzük azt, amikor az edzés alatt

degradálódott izomrostok regenerációs folyamata végbemegy, az alap állapotnál magasabb szinten helyreállítva azt (Nyerges-Bohák et al. 2022). Ennek oka, hogy a szervezet felismeri azt, hogy a jelenlegi állapot nem elegendő a terhelés elviselésére, így megpróbál egy strapabíróbb, erősebb izomzatot létre hozni. Ez a folyamat vezet hosszútávon az izomnövekedéséhez. A túlkompenzációs folyamat végbemenéséhez azonban több tényezőnek kell megfelelni. A legfontosabb, hogy a regenerációs folyamatokhoz kellő mennyiségű pihenőidő álljon rendelkezésre. A pihenés lehet aktív pihenés is, ilyenkor fontos, hogy aerob munkában dolgozzon a ló. A folyamat ne szakadjon meg, mivel amennyiben a túlkompenzáció nem megy végbe, akkor nemhogy izomnövekedés nem megy végbe, de mivel az alap állapot sem lett elérve, így az izomállapot összességében degradálódik (Nyerges-Bohák, 2017).

Az aerob munka szakasz a regenerációs folyamatok elindításának is fontos eleme, így az edzőmunkát aerob fázisban kell befejezni, legalább 15 perc aerob munkaszakasszal, különben a regenerációs folyamatok nem fognak megfelelően elindulni, így a teljes túlkompenzációs folyamat elindulása lassabb lesz, így hosszabb a folyamat végbe menésének ideje (Apor, 2000). A lovaknál a teljes regenerációs folyamat végbemenéséhez fajtától, munka mennyiségétől, degradáció mértékétől függően 24-72 óra szükséges. Ez okból kritikus az, hogy a ló edzésterve megfelelően legyen összeállítva, és a degradáció, valamint a regeneráció egyensúlyban legyen. Emelett maga az edzés összeállítása is szakértelemmel történjen, kellő bemelegítés, munkaszakasz és levezetés legyen benne ahhoz, hogy az izomdegradáció is meglegyen, és ehhez mérten a túlkompenzáció is (Nyerges-Bohák et al. 2022; Higgins, 2012). Egy magyarországi vizsgálatban arra is rámutattak, hogy – amellett, hogy kellő figyelmet kell fordítani a tréning után a lovak levezető mozgására – ha mód van rá, infravörös szolárium alkalmazása is javasolt az izomregeneráció edzést közvetlenül követő támogatására. (Ütő et al. 2019).

2.2. A ló edzőmunkája

Az optimális edzőmunka összeállítása egy ló számára hatalmas szaktudást igényel. Az edzőmunka függ a ló korától, a szakágtól, felhasználástól. Az edzőmunka fogja a jövőben megszabni a ló karrierjének ívét, azt, hogy fizikálisan és mentálisan milyen terhelést fog elbírní. Egy ló edzőmunkáját négy külön szakaszra lehet osztani. A bemelegítés szakasza, a munka szakasz, a levezetés szakasza, illetve a regenerációs szakasz. Az, hogy ezek milyen arányban

oszlanak fel, mely szakasznak milyen hosszúságúnak, és koncentrálnak kell lennie, azt jószerével a munka szakasza szabja meg.

A bemelegítés folyamán kell a ló szervezetét felkészítenünk a munka szakaszára. Ilyenkor egy nyugalmi stádiumból a ló teljes fiziológiáját át kell vezetni egy hevítettebb állapotba. Itt nem csak a ló pulzusa és légzésszáma az, ami változik. A teljes vérrellátás, idegrendszer működése egy átcsoportosításon megy át, mely során a vér, az energia, az oxigén fő célpontja a ló vázizomzata lesz. A kellő energiaellátás egyrészt ezzel az átcsoportosítással történik meg, másrészt a légzés és pulzus emelkedésével, mely növeli a felvett oxigént, ezáltal az izmok oxigén, tápanyag ellátását. A munka jellegétől és a ló fiziológiai sajátosságaitól függően megvannak azok az értékek, mind pulzusban, mind légzésszámban, melyek a munkához ideálisnak számítanak. A bemelegítés egyfajta érzékenyítési folyamatot is magába foglal. A ló egyre érzékenyebb lesz a segítségekre, figyelmesebbé válik a lovas irányába, és koncentráltabbá a feladatokat illetően. Ezeket a tulajdonságokat is párhuzamba lehet vonni a munkában töltött idővel, a pulzussal, a légzéssel (Hecker, 1997).

Amikor elérte a ló a kellő állapotot, akkor kezdheti el a munka szakaszát. A munka szakasza az edzés leginkább megterhelő része. Így fontos az, hogy a ló szervezete, mozgásszerve teljes mértékben készen álljon a terhelésre, viszont ne legyen túl fáradt ahhoz, hogy ezt a terhelést ne bírja. Ez a megfelelő számú, és hosszú pihenőkkel érhető el a leghatékonyabban, melyeket szinten a légzés és pulzus szám alapján könnyedén be lehet határozni. A munka szakaszában fontos az is, hogy a ló ne legyen túlterhelve, tehát maradjon folyamatosan a határértékeken belül. Ez azért is kiemelt fontosságú, mert a ló adrenalin szintje nagyon hamar ugrik meg, így válik különösen stresszessé. Egy ilyen extrém stresszhelyzet megnöveli az izom degradációt, és kevésbé teszi figyelmessé a lovat, mind a lovasra, de egyúttal önmagára. Így a túlzott stresszhelyzet, mely fiziológiai adatokból szintén szűrhető, akár balesetveszélyes is lehet, amennyiben a lovas nem ismeri fel időben. A megfelelő számú pihenő előzi meg a ló izomzatának savasodását, amely szintén gyakori mellékhatás a lovak edzésmunkájában. Ez kiküszöbölhető azzal, ha az anaerob edzésmunkát nem végezteti a lovas túl hosszú ideig a lóval (Hecker, 1997; Tyler et al., 1999).

A munka szakasza után gyakran semmibe vett szakasz a levezetés, pedig a regeneráció szempontjából talán a legfontosabb munkafázis. A levezetés szakasza lesz ugyanis az, amikor egyrészt a ló stabilan vissza tud állni az aerob munkafázisba, ezáltal a tejsav el tud tenni az izmokból, azok újfent kellő mennyiségű oxigénnel, tápanyaggal terülnek, és meg tudják kezdeni az izomregeneráció előkészítését. Az izomállapot szempontjából is hasznos a levezetés

szakasza, hiszen ilyenkor lehet a lovat sok szakágban hosszú szárra engedni, hagyni igazán kinyújtózni, sőt mindezt kérni is tőle, így a szarkomerek számát növelni lehet az izomrostokban, azokat hosszú távon lazítani, nyújtani lehet (Valberg-Haggendal, 1993).

A regeneráció szakasza függ a munka szakaszától, az össz edzésidőtől, és az edzett napok számától. A legáltalánosabban elfogadott szemlélet - melyet jómagam is tapasztalok - , hogy a lónak legalább annyi napnyi teljes regenerációs időre van szüksége, amennyit 80% feletti intenzitással egyhuzamban dolgozott. Tehát egy 80% feletti edzésnap után a ló pihenjen legalább 24 órát mielőtt újra megterhelő munkába lenne állítva. Egy három napos verseny után (feltételezve, hogy nulladik napon nem volt a ló megterhelve fizikálisan) a lónak 72 óra aktív regenerációra lesz minimum szüksége ahhoz, hogy a túlkompensációs folyamatok végbe tudjanak menni (Hinchliff et al., 2008).

2.4. Lovak élettani alapértékei

A lovak élettani alapértékei merőben különböznek az emberekétől. Általánosságban lehet mondani, hogy a lovak alapértékei melyek (pulzus, légzésszám), alacsonyabb az emberekénél, míg a testhő közel azonos, valamivel magasabb.

1.táblázat: Lovak élettani alapértékei

(forrás: saját szerkesztés, <https://pannonlogyoqyas.hu> adatok alapján)

	Min	Max
Pulzusszám	28/Perc	40/Perc
Légzésszám	6/Perc	16/perc
Rektális hőmérséklet	37.5C	38.3C
Pulzus (Csikó)	60/Perc	110/Perc
Légzés (Csikó)	25/Perc	40/Perc
Testhő (Csikó)	Azonos	Azonos

A fentebbi adatokról fontos elmondani, hogy ezek a ló nyugalmi alapértékei. A lovak pulzusértéke és légzésszáma munka közben, vagy bármilyen izgalom hatására megugrik, és akár a triplája is lehet az egyébkénti adatoknak (Novotniné, 2020; Richard-Fortier, 2009).

Vannak a lovaknak számokban nem kifejezhető élettani alapértékeik is, ilyen a nyálkahártya színe, amely normál esetben halvány rózsaszín, nem megfelelő esetben ez lilás, szürkés színeket ölthet. További fontos alapérték a kapilláris visszatöltődése, amelynek 1-2 másodperc alatt meg kell történnie, ha ennél több, akkor a lónak valamilyen keringési zavarára lehet következtetni. Szintén fontos adat a lovak bélhangja, melyet négy ponton körbe lehet hallgatni, és megfelelő működés esetén hallani lehet a ló bélmozgásait. Ha a négy hallgatási pontból van, amelyik nem hallható, akkor a lónak feltételezhetően valamilyen emésztőszervi problémája van, fennállhat a kólika gyanúja. Ilyenkor abból, hogy melyik ponton nem hallani bélhangokat, arra lehet következtetni, hogy a bélcsatorna mely szakaszában van probléma, elzáródás, csavarulat, helyzetváltozás (Filipsz, 2014.; Novotniné, 2020).

2.4.1. Ló pulzusának változása munka során

A lovak szívverésének száma nyugalmi állapotban 28-40 / perc közé tehető, fajtától kortól, kondíciótól függően. Ez az érték már a ló felszerelésének végére, és boxból való kivezetésére felemelkedhet 100 / perc közelébe. Ez a ló mentális reakciójából ered, melyet „pre-start reakciónak” neveznek. Ez a pulzus szám a besétálás terhelése alatt folyamatosan fennmarad, majd a következő nagyobb ugrást a bemelegítés ügető szakasza hozza el, amikor is a valós terhelés megkezdésére a paraszimpatikus gátlás kiesik 2-3 perce, ekkor a pulzus szám ugrásszerűen emelkedik kb 160 / percre, ahonnan utána 2-3 perccel később 130 - 140 / percre esik vissza a bemelegítés további időtartamára. Ez a folyamat az „overshoot”, ilyenkor a szervezet aktuális keringéssel szembeni igénye még nem kiegyensúlyozott. Ilyenkor a kezdeti szívfrekvencia emelkedés túlzott, melyet a gyors pulzus csökkenés korrigál (Vincent et al., 2006).

A további terhelés hatására az oxigénfelvétel folyamatosan, egyenesen arányosan növekszik az edzés előrehaladtával, ezzel nagyjából arányosan növekszik a pulzusszám is, egészen a 160-200-as pulzusszámig, mely még teljesen egészségesnek minősül. A pulzusmaximum megegyezik a 100%-os aerob terheléssel (Filipsz, 2014; Vincent et al., 2006).

A pulzusvizsgálat és a ló érrendszeri egészségének korrekt visszajelzése a nyugalmi állapot visszaállásának ideje. A terhelés végeztével erőteljes pulzuscsökkenésnek kell bekövetkezni az első 30-90 másodpercben, majd a pulzusgörbe ellaposodik. Ilyenkor az állat pulzusa körülbelül 80 - 100 közé áll vissza, melyet 10 - 30 percig tart a ló, és utána kell vissza állnia az ideális nyugalmi állapotba. Amennyiben ez nem történik, úgy következtethetünk érrendszeri betegségekre, stressz faktorokra, vagy valamilyen fájdalmi tényezőre, mely ezt okozza (Kingston et al., 2006).

2.4.2. Az edzés energiaellátása

A munka megkezdése után egy nagyon minimális időtartamig (2-3mp) az izomsejteken belül található ATP molekulák közvetlenül fedezik az energia igényt. Az ATP raktár viszont nagyon gyorsan ürül, így a következő, szintén igen minimális időtartamban (kb 10 mp) a keratin-foszfát segítségével termelődik az ATP.

Ez a két rövid szakasz még oxigén felhasználás nélkül zajlik le. Ezután egy átlagos, kb 40 - 50 %-os terhelés mellett (tehát egy ideális bemelegítő terhelés) 30 - 40 percen keresztül főként aerob glikogén lebontásával történik az ATP termelése, ezáltal az energia ellátás. Után a terhelés növekedésével (legyen az a terhelés mértékének növekedése, vagy az idő múlása) elkezdődik a zsírok felhasználása. Ezzel spórol a szervezet, mivel a szénhidrátok azok, melyek anaerob munkafázisban is felhasználhatóak, így ebből fontos a kellő raktározás.

Ezek alapján a terhelés funkcionalitása a következő a lovaknál: 50 - 60 % - os pulzus maximumnál a ló alapvető fizikális aktivitása javítható, ez a legideálisabb a bemelegítéshez, levezetéshez, illetve az aktív regenerációs munkára. A 60 - 70% - os terhelésnél a zsírégetés folyik aktívan. (Parks et al., 1983). 70 - 80 %-nál még aerob munka növeli a ló edzettségét, míg 80 - 90 % -nál már elindul az anaerob munka, mely a teljesítménynövelés szakasza. 90 - 100 % -nál már oxigénhiányos állapot alakulhat ki, ez a terhelés nem tartható huzamosabb ideig. A maximális terhelési szint túlzott alkalmazása veszélyes lehet a ló egészségére nézve, gyakran vezethet túledzéshez, és a túlkompenzáció folyamatok végbemenésének képtelenségéhez. Bár a kondíciót, és fizikumot jól fejleszti ez a magas terhelési szint, de a mozgásszerv károsodásához vezethet. A ló kondíciójára és egyben izomállapotára a legideálisabb fejlesztési helyzet az anaerob küszöb megcélzása, itt fejlődik a ló kondíciója, egyúttal nem károsodik a mozgásszerv (Rudas, Frenyó 1995; Tyler et al., 1999).

3. Alkalmazott módszerek

3.1. A felhasznált technológia

3.1.1. A hardver és szoftver kiválasztása

A munka kezdetekor (2020-ban), amikor a szenzorcsoporthoz, a hardver és a szoftver kiválasztása megtörtént, fontos alapelv volt a szenzorok részéről a kompatibilitás. Számos különböző szoftverrel működő eszköz van már használatban, legyen szó windows-ról, MacOS-ról - telefonos közegben iOS, android -, melyek mind más és más programozási nyelvet használnak, és eltérő kompatibilitási paraméterekkel rendelkeznek. Hogy a választott eszköz minden szoftverrel együtt tudjon működni, fontos szempont mind a fejlesztés, mind pedig a felhasználás során. Emiatt fontos a fejlesztésnek már az elején eldönteni, hogy milyen körű kompatibilitással folyik a munka, mely célcsoport számára történik az eszköz kialakítása. Mivel ez esetünkben nem elkülöníthető, hiszen ahány lovas annyi eszköz, így teljes körű kompatibilitásra kellett törekednem. Emelett fontosak az alapadatok, melyek begyűjtésre és archiválásra kerülnek. Ezek is egyrészt a kompatibilitás szempontjából érdekesek, de fontosak a tárhely szempontjából, valamint a közlendő adatok méretét is megszabják (Treiber, 2022).

Az alapadatok, amelyekről úgy gondoltam, hogy mindenképpen rögzítésre kell, hogy kerüljenek: a pulzusszám, a légzésszám, az izzadás mértéke és a testhőmérséklet változása.

Ezek az adatok két módon kerülnek eltárolásra, a két mód között a különbség az átvitel technikája. Mindkét mód az IoT világot használja az adatok közlésére, rögzítésére, tárolására. Az adatközlés és tárolás folyamán is fontos szempont az, hogy lovasoknak készül a projekt, ami egyet jelent a lovardákkal. A lovardák is változatosak, elhelyezkedésben, felszereltségben. Van amelyik lovarda jól felszerelt, értem most ez alatt az internet, mobil hálózat meglétét, erős térerőt és áramellátást. De van számos olyan lovarda, ahonnan ezek a tényezők akár mind hiányoznak. Fontos, hogy ezekben a lovardákban, vagy egy hosszabb tereplovaglás során is ugyanúgy használható legyen az eszköz, mint az ötcsillagos lovarda fedeles lovardájának pályáján.

I. változat: Egy központi szerver használatával gyűlnek az adatok, amely egy Raspberry Pi nevű computeres egységre épül. Ennek előnye, hogy az adatok

folyamatosan és automatikusan rögzítésre kerülnek, viszont a kezelőfelület nincs előre elkészítve, nem specifikusan adatgyűjtésre van optimalizálva, így az egyelőre még nyers képet ad. Azonban a teljes raspberry pi egység, adatfogadó és tároló elem, strapabíró dobozzal, tápegységgel, már komoly előnyt adnak a fejlesztés során. A Raspberry-nek szintén előnye az, hogy széles körűen elterjedt a programozók világában, és mint szerver alap költséghatékony megoldásnak is minősül, mely a fejlesztés korai stádiumában mindenképpen fontos.

7. ábra: LabQuest központi egység az adatok rögzítésére

(forrás: saját felvétel)



II. változat: A LabQuest stream nevű eszköz használata (7. ábra). Ennek előnye az egyszerű felépítése, kompakt mérete, a stabil bluetooth-os kapcsolat és az átlátható szoftver, amely bármilyen eszközön megnyitható, legyen az tablet, laptop, vagy akár okostelefon. Szintén nincsen korlátozva a szoftver, bármely operációs rendszerre van telepíthető, folyamatosan frissülő alkalmazása, mellyel hozzáférhetünk az adatokhoz. Ezek az adatok elmenthetőek koordináta rendszerben rögzített diagramm formájában, vagy akár a pontok elmenthetőek Excel táblázatban is. Ez utóbbi aztán bármikor koordináta rendszerbe illeszthető. A koordináta

rendszerben a légzés, és a pulzus nagyon szépen, szembetűnően rögzíthető. A szenzorok működése folyamán Real time lehet látni a ló szívverését, légzését, ami a tesztfázisban előnyös, mivel ahogy a szenzor, vagy a kapcsolat hibádzik, kihagy, az a percenkénti számokban nem lenne olyan szembetűnő. Viszont az ábrán igen, így a hibás, rosszul működő szenzorok már az elején kizárhatóak. A számrendszeres feldolgozás miatt a tesztfázis befejeztével könnyebben exportálható a szenzor által küldött adat szívverés formájába, ezáltal megfelelő az alap célunknak.

3.1.2. Szenzorok kiválasztása

3.1.2.1. Pulzust detektáló szenzor

A fiziológias adatok közül a pulzus mérése nagyon fontos, csakúgy mint az, hogy pontos adatokat kapjunk róla. A pulzusmérő keresése során jó néhány szenzor került kipróbálásra, melyekből sok már a stabil kapcsolat felvétele során hibás választásnak bizonyult. Számos, humán mérésben egyébként jól működő szenzort zártam ki.

Az első nehézség a lovak pulzusának mérése folyamán a szőr, mely sok direkt (pl gél alákenésével működő) kontaktos szenzort kizárt. A következő nehézség a ló mérete, a szenzorok jó része nem erre a távra van kalibrálva, így ezek az érzékelők szintén nem tudtak értékelhető adatokat küldeni. A harmadik probléma a ló mozgása. Amikor a ló lép, üget, vágtazik, a hevedertájék, ahol ezeket az adatokat hatékonyan lehet mérni, nagy mozgástartományban dolgozik (a szegyzimok, és hasizimok, és azok felett a bőr is erőteljes, folyamatos mozgásban van, amikor az első végtag lendül előre). Ez a mozgástartomány szintén nehézséget okozott, mivel több, speciálisan állatokra gyártott szenzor állatorvosi felhasználásra van tervezve, első sorban műtétekhez, így a nagyobb mozdulatokat gyakran ezek sem tolerálják (Kingston et al., 2006).

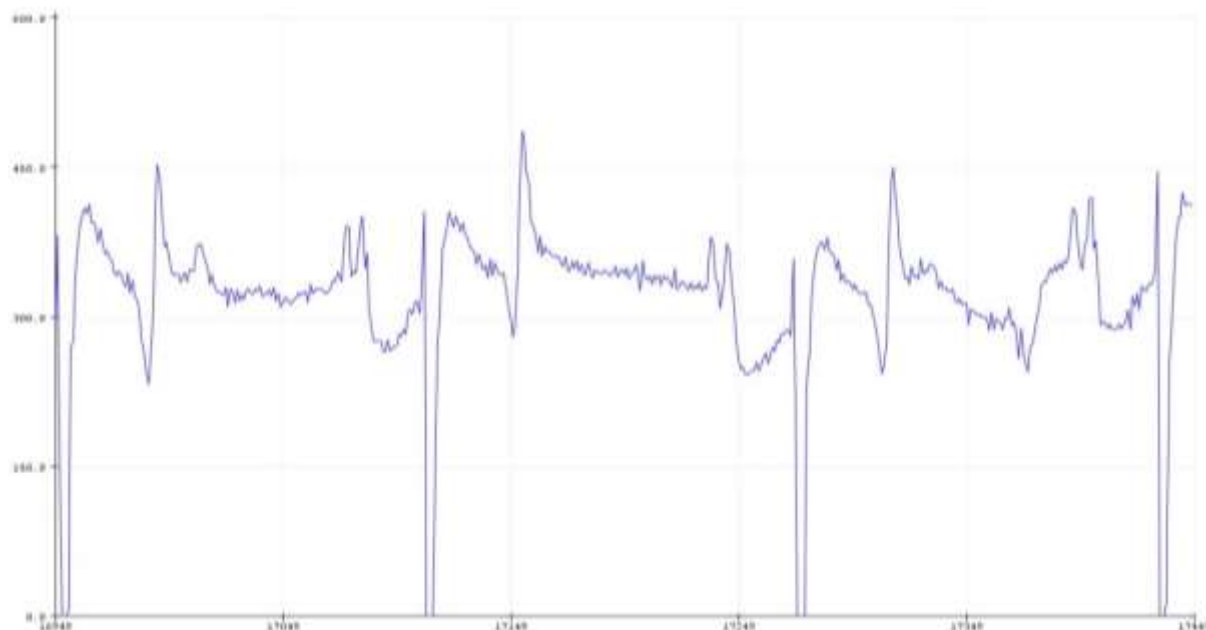
I-es számú pulzus szenzor

Az első szenzor, amely boxban került felhelyezésre, egy speciális ló EKG. Ennek előnye, hogy pontos, szép képet ad, azonban felhelyezni nem egyszerű, mivel gél alákenésével adja a legszebb képet, amely folyamatos használatnál nem feltétlen előnyös. Pozitívum, hogy a kenhető gél helyettesíthető szilárd géllal, amely megfelelő vastagság esetén ugyanolyan hatékonyan vezeti el a feszültséget, és adja a szükséges információkat a szenzornak. A

felhasznált EKG egy két tappancsos kivitel, amely lehetővé teszi azt, hogy a hevederen belül kerüljön mind a két tappancs elhelyezésre, és egy vékony zselé lap válassza csak el a ló oldalától, mely főleg amikor a ló egy kicsit alá izzad (melyet a zselé elősegít), akkor kifejezetten jó képet tud adni.

8.ábra: A próbafolyamat során az EKG szenzor által rögzített mérés

(forrás: saját mérés, saját készítésű ábra)



Maga a tény, hogy egy EKG szenzorról beszélünk, kiemelten jó adatközlővé teszi. Nem teszi ugyan feleslegessé a pulzus mérőt, de együtt dolgozva egy folyamatos elektrokardiogramm a ló edzőmunkájáról hasznos esetleges szívérrendszeri megbetegedések diagnosztikája során.

II-es számú pulzus szenzor

Az II-es számú szenzor egy tappancsos pulzuszámoló. Ez ahhoz képest hogy az első között volt, amely stabilan tesztelésre került, nem okozott csalódást. Ahogy azt az 1. ábrán látni lehet, a szenzor nagyon szép fűrészfogat rajzol ki. A működése: a bejövő adatok folyamatosságához mért egyenletességgel egy percen keresztül halad felfelé, majd vissza esik a nullára. Így az, hogy ennyire egyenletesen halad a fűrészfog, az azt mutatja, hogy a szenzor szépen, folyamatosan küldi az adatokat a gépnek, ergó sem a szenzorban, sem a kapcsolatban nincsen hiba. Az ok amiért a szenzort ki kellett selejteznünk, az az, hogy sajnos túl sok zselére volt

szüksége, ami csak 3-4 percig volt elég a szenzor számára, hogy működjön. A ló izzadtsága pedig nem volt elég az elvezetéshez, így 3-4 percenként újra kellene cserélni a megfelelő adatkommunikációhoz.

III-as számú pulzus szenzor

A 9. ábrán látható Polar szenzor az, amely a legjobb eredményeket mutatta fel. Két tappancsos, a ló baloldalára a negyedik borda környékére helyezve (tehát tökéletesen a heveder alá) kiegyensúlyozott adatokat közvetít. Ez a szenzor a LabQuest-el volt használva, stabil kapcsolatot tud fenntartani mind a LabQuest-el, az pedig a kijelző egységgel (esetünkben túlnyomó részt tablettel, de okostelefonnal is próbáltuk). Néztük úgy, hogy a ló álló helyzetben volt, kikötve, néztük lépésben, lépésben futószáron, és ügetésben futószáron, mindvégig kielégítő eredményt adott a szenzor.

9. ábra: Polar pulzusmérő szenzor

(forrás: saját felvétel)



3.1.2.2. Légzést detektáló szenzor

A lovaknál a légzésszám a másik olyan adat, amelynek rögzítéséből sok fontos információ leszűrhető, így ennek mérésén is nagy hangsúllynak kell lenni. Két alapötlet merült fel a légzés pontos mérésére.

Az első egy széndioxid mérő, amely a zablára kerül. Így mikor a ló a levegőt kifűjja, akkor a megnövekedett széndioxid szintet rögzíti a szenzor, és ekkor regisztrál egy kilégzést. Azonban ez mind az energiaellátás, mind pedig a sok tátozásra hajlamos ló miatt nem került kipróbálásra, mert már elméleti síkon sem volt megfelelő módon kivitelezhető, főként a nehézkes energiaellátás okán.

A második számú egy, a ló vérrendszerébe ültetett mikrochip, mely egyéb adatokat is közölhet, de ennél a megoldásnál is az energiaellátás kifejezetten nagy probléma, valamint ennek kapcsán a folyamatos real time adatközlés sem mehetne végbe, amely fontos eleme a fejlesztésnek.

A megoldás végül is egy gumi madzag lett, amely két végére csipettett, két fém kapoccsal regisztrálja a madzagban létrejött feszültségkülönbséget. (10. ábra) Ez akkor jön létre, amikor a ló beszívja a levegőt, így a hasi, mellkasi tájék tágul, az oda helyezett gumi madzag pedig nyúlik.

Ez egy gumis hevederrel, a hevederbe építve is éppúgy működik, mint külön, így a hevederbe való beleépítés, a többi szenzorral való összekapcsolás szerencsére nem okoz problémát. A gumis hevedereknél a csattokat két két gumiszalag tartja, és rögzíti hozzá a hevederhez, mindkét oldalon. Ezekbe beleépítve a feszültségmérő mindkét oldalról hozza az információt, és azokat egymással összevetve a mesterséges intelligencia adja meg az adott légzésszámot.

Az AI fő funkciója a légzésszám mérésében az, hogy a folyamatos mozgás során létrejött zajokat megsűrje. Ezeket az AHRS modulok szintén regisztrálják, így az egyezés a két szenzor adatai között a folyamatos mozgása a lónak, míg az eltérés fogja megadni a légzés számot. Ezt maximum és minimum értéken regisztrálja a szenzor, és minden maximum + minimum értéke felel meg egy darab légzésszámnak.

A fekete, és piros csipesz között látható a gumi madzag, amely a szenzor feszültségét hivatott mutatni. Egy másik, erősebb gumiszalagra helyezve a külső, feszítő tényezőket sikerült kiiktatni, így a szenzornak a külső behatások nem okoznak problémát, szépen, zajmentesen működik.

10. ábra: A légzést detektáló szenzor

(forrás: saját felvétel)



3.1.2.3. Izzadást és testhőt detektáló szenzor

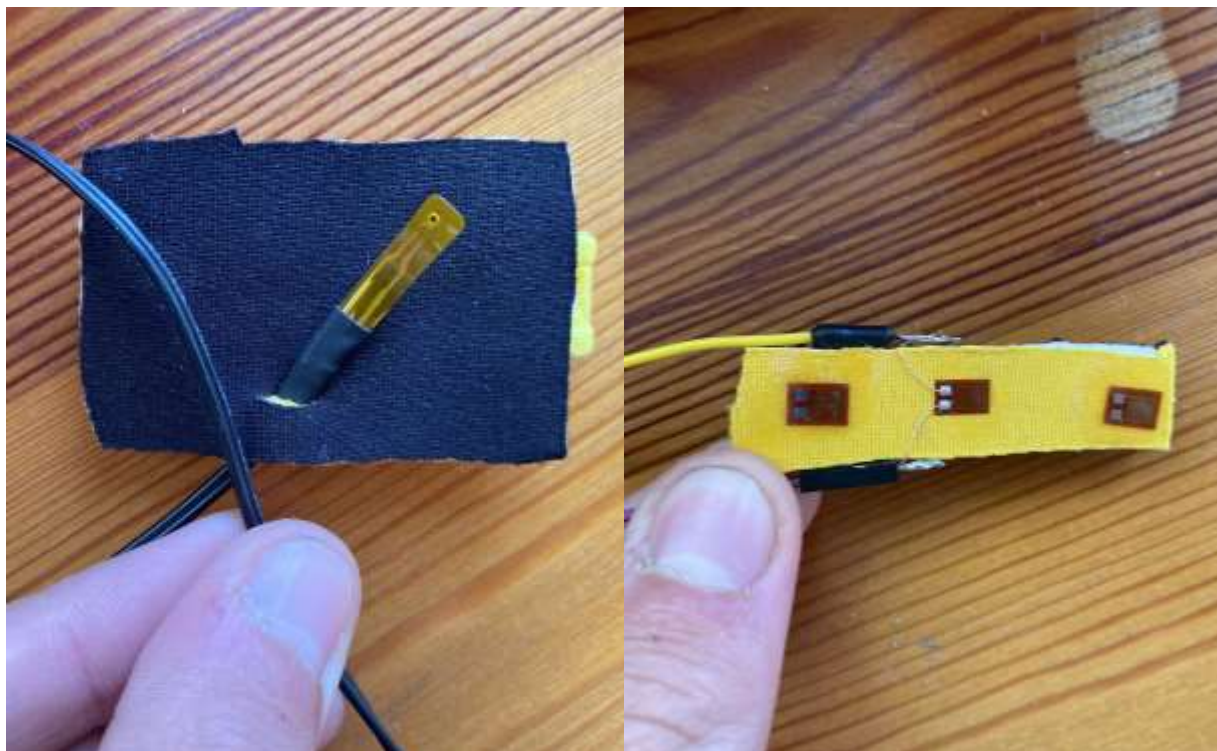
A kétfajta, célzott mérés, az izzadás és a testhő mérése során nem magára az adatra vagyok kíváncsi, hanem arra, hogy milyen változások mennek végbe az adatokban. A testhő szenzor nem a ló pontos test hőmérsékletét nézi - mert azt sajnos az állat szőre miatt nem lehetséges külső méréssel pontosan behatárolni - hanem azt, hogy a ló testhőmérséklete mennyit változik. Ami ehhez szükséges, az egyedül a megfelelő szigetelés a szenzornak, mely célnak a neoprén anyag a legmegfelelőbb. A neoprén, amellett, hogy hőszigetelése megfelelő, puha, nem keményedik fel, így annak a veszélye, hogy a lovat feltöri, nem nagyobb, mint egy átlagos hevedernél. (11. ábra)

Az izzadás szintén ezen az alapelven működik. Amire az izzadásnál is nagy hangsúly van fektetve, az a mérték, hogy mennyi idő alatt, mennyire izzad meg a ló. Ezt nagyon szépen látja a szenzor. Ugyanakkor erre is nagy hangsúly van fektetve, mivel bár nem hangzik olyan fontos résznek, de az izzadás mértékéből és az idejéből nagyon sok minden leszűrhető a lóval, kondíciójával, egészségi állapotával, mentális egészségével kapcsolatban. Hogy mennyire hamar izzad meg a munka alatt, mennyire hamar képes az állat visszászáradni, ebből akár komolyabb szívbetegségekre is lehet következtetni! De emellett mutatja a ló kondíciójának

fejlődését, azt hogy mennyire nyugodt egy edzés alatt, vagy éppen mennyire ideges. Nyáron sokat segít az elektrolit pótlás meghatározásában, hogy egy edzés után mennyi elektrolit kiegészítést érdemes adni a lónak (McCutcheon-Geor, 2000).

11. ábra: Testhő és izzadás mérésére szolgáló szenzor

(forrás: saját felvétel)



3.1.2.4. Egyéb értékek detektálásának lehetősége

Számos olyan szenzor van még, amivel bővíteni lehet a szenzorcsoporthoz. Ilyenek például az AHRS, giroszkóp modulok. A ló lábára helyezve egy olyan típusú szenzort kapunk, amely képes a G erő regisztrálására (ezzel minden egyes ütdést érzékelni tud), valamint 3 tengelyes giroszkópjának köszönhetően a mozgások minden irányú érzékelésére. Lehetővé válik így a sántaság vizsgálata, mesterséges intelligencia bevonásával, vagy egy esetleges kólika figyelő rendszerben a kaparást is érzékeli. Négy lábra rögzítve a lefekvést is regisztrálja, és kötőfékre helyezve a ló fejének túlzott mozgását is figyeli, ha az állat nagyon gyakran tekintene a hasa felé.

A szoftver úgy is alakítható, és olyan információkat fogad be, ahogyan, és amilyeneket szeretnénk. Így akár az önitatókkal szerelt istállókban a vízóra állását is naponta lehet rögzíteni a szoftverbe, így ha a ló kevesebbet iszik, az is egyből rögzítésre kerül.

3.2. A kialakított eszköz tesztelésének folyamata

A tesztelés kezdetére kiválasztottam a megfelelő szenzorok csoportját, és egy összeállított alap szerver is rendelkezésre állt az adathalmaz eltárolására. Minden lehetséges hibafaktor szűrése és folyamatos javítása is szerves részét képezte az éles tesztek megelőző időszaknak.

A tesztfázis során a szenzorok egy időben kerültek felhelyezésre (vö. szenzorcsoport), és lehetőség szerint egyszerre is közöltek adatokat. Ez csak olyan szenzoroknál működik, melyeknek a jelét a LabQuest képes egy időben befogadni, és azokat feldolgozni, kijelezni, archiválni. Ez értendő a szoftveres részre, melyre a LabQuest rendszere nyújtott lehetőséget, ám emiatt egy egyszerű kezelőfelület szolgál a mérések rögzítésére és kijelzésére, mind a légzésszámnál, mind pedig a pulzusnál, vagy EKG kijelzésénél.

A szenzorok kétféleképpen kerültek tesztelésre. Az első változat amikor a ló futószáron, vagy kézen dolgozik, a második változat pedig amikor nyereg alatt. A futószáron történő mérések folyamán egy speciálisan erre a célra készített hevederbe kerültek bele a szenzorok, mely a futószárazó heveder helyén, vagy esetenként alatta foglalt helyet, hogy a szenzorcsoport hevederbe illesztett elhelyezkedésén ne kelljen változtatni a nyeret rögzítő hevederhez képest. (12. ábra)

12. ábra: A szenzorcsoport, felhelyezve a futószárazáshoz

(forrás: saját felvétel)



A nyereg alatt történő mérésekre szintén ennek a speciális hevedernek a has felőli része szolgál alapul, mely a szenzorokat így a heveder és a ló közé tudja rögzíteni, míg az alaplap és az áramellátás a nyeregalátétben kap helyet egy neoprén tárolóban. Ezen belül egy 3d nyomtatott műanyag tokban helyezkedik el az akkumulátor is, illetve az alaplap is, és minden olyan egység (bluetooth adó, wifi antenna) melyeknek nem kell kontaktban lenni a ló oldalával. A vezeték a heveder far felőli ívén fut végig, hogy a ló könyökével semmiképp ne kerüljön kapcsolatba, valamint esztétikai szempontok is közre játszanak.

13. ábra: Az első mérés

(forrás: saját felvétel)



A mérések négy külön lovon történtek. (13. ábra) A tesztelés során a legnagyobb hangsúlyt a pulzus mérésre helyeztük. Ezt a paramétert mind a négy lónál rögzítettük. Egy ló esetében – mivel technikai és anyagi okok miatt csak egy komplett, mind a négy szenzort tartalmazó eszköz készült el – mind a négy paramétert folyamatosan mértük, három ló esetében csak a pulzusmérés történt folyamatosan.

Két szekcióra lehet osztani a szenzorok tesztelésére szolgáló adatgyűjtés fázisát: egy futószáron történő adatgyűjtés, illetve egy nyereg alatt/kocsiban történő adatgyűjtés. Minden ló azonos időintervallumban dolgozott a szenzorok alatt, a napok száma és a munka hossza percre

pontosan azonos, maguk a dátumok természetesen nem feltétlenül. Pontosan kidolgoztam a futószáras edzések menetét és a nyereg alatt/kocsiban végzendő munkát, hogy mindig mindenki ugyanazt a tevékenységet végezze. A lovak a gazdáikkal dolgoztak, ha tudtam, figyelemmel kísértem a munkát. Fontos eleme volt a méréseknek, hogy az első 10 alkalommal mindenkinek manuálisan is vissza kellett ellenőriznie a pulzust és összevetni a szenzor által mért adatokkal.

A futószáras mérések 2022.04, és 2022.07 között kerültek rögzítésre, míg a nyereg alatt/kocsiban mért adatok 2022.08. és 2022.11 között. A lovak kiválasztása során figyelembe vettem a lovak nemét, korát, kondícióját, szakágát, hogy a lehető legváltozatosabb lovak kerüljenek be a tesztelt lovak közé. Viszont az is fontos volt, hogy folyamatosan, egymással nagyjából szinkronban tudjanak jönni az adatok a lovakról, hogy kizárjunk időjárási tényezőket, fronthatásokat a változók közül, vagy akár ugyanezen tényezőket felhasználhassuk a szenzorok tesztelés során, hogy lássuk milyen hatásokat gyakorolnak a lovakra. A lovak kényelme szintén kiemelt szempont volt, hogy ne okozzon nekik semmiféle kellemetlenséget a szenzorok jelenléte, véletlen se törhesse fel a heveder a lovat, és ne okozzon változást a ló teljesítményében.

3.3. A tesztelt lovak bemutatása

A tesztelés során négy lóval dolgoztam. A tesztfázisban részt vevő lovakat megpróbáltam úgy kiválogatni, hogy azok mind méretben, mind kondícióban, mind szakágban és előéletben különbözzenek egymástól, de ugyanakkor legyen mind alkalmas a körülbelül megegyező terhelési normák elvégzésére. A teszt időszak alatt a tesztelt lovak közül ismert betegséggel egyik sem rendelkezik, mindegyik teljes mértékben egészséges, mozgásszervileg és egyéb téren egyaránt.

Freddie Mercury:

Az első teszt alany egy 2011-es születésű angol telivér herélt. A lovat Németországban tenyésztették, és nemzetközi galopp karriert tudhat magáénak. Egészen 2013-tól 2019-ig futott galoppon, és gáton egyaránt, számos kiemelkedő eredményt szerezve.

2020-tól magánkézben dolgozik a ló, és teljes szakágváltással díjlovaglásban versenyez. Ebben a szakágban is eredményes, a dolgozat írásának idején már LM kategóriában folyik a felkészítése.

Mindenképpen jó választás a kutatás egyik alanyának, hiszen angol telivérként, amely hosszú galopp karriert tudhat maga mögött, kiemelkedő kondícióval rendelkezik, melyet azóta

is tart. Az is érdekes kérdés, hogy ezt a kondíciót milyen szinten tudja kamatoztatni egy egészen más követelményekkel bíró szakágban, mint amilyen a díjlovaglás is. A díjlovaglásban jóval több az izommetrikus izommunka, több izomcsoport dolgozik folyamatos statikus összehúzódással, melyek nagyobb energia igényűek, mint a dinamikus izommunkát végzők.

A telivér a vérmérséklete miatt is egyedi tesztalany, mennyire ugrik meg a munkára a pulzusa, mennyire tud megfelelő időn belül visszaállni az alapértéke. Szintén fontos, hogy a több hónapot felölelő edzőmunka, mely ránézésre egyszerűbb fizikálisan a lónak, mint a galopp pálya, ront-e a kondícióján, elkényelmesedik-e.

Santo Stefano Rasputin:

A második teszt alany egy 2008-as születésű Hannoveri csődör. A ló előéletéről sokat nem tudni, ami valószínűsíthető, hogy nem volt intenzív munkában tartva. Származása kiváló, Rotspon apaságú mén, apja jellemvonásait mind intelligenciában, mind mozgásban és felépítésben tudta hozni.

A mérések idején nagyjából egy éve volt aktív munkában, ezalatt a ló ugrásszerűen fejlődött tudásban és kondícióban egyaránt. Alkatát tekintve magas (182cm bottal), erőteljes, a tesztelés idejére kifejezetten jól izmolt, kiváltképp a felső vonal.

A tesztelés alatt a ló L szintre készült, de otthon az kategória feladatait gyakorolta. Mivel a ló több mint 10 évesen kezdte meg díjlovas karrierjét, így kifejezetten érdekes az, hogy ezt a szintű ugrást milyen kondicionális fejlődéssel lehet összetársítani. Mennyire terhelik le az adott már középkategóriát súroló feladatok a ló szervezetét, nem terheli-e ilyen kevés idő után túl a cardiovascularis rendszert ez a szintű izommunka. A ló amellet hogy izmos, zsír tekintetében is jó súlyban volt, ez megint csak egy érdekesség, mennyire dobja meg a légzésszámot a zsír nagyobb tömege, mennyire látható különbség egy szálkásabb lóhoz képest. Amellet, hogy mén, roppant nyugodt, jó idegrendszerű lóról beszélhettünk, mely szintén érdekesség a munka közbeni magaviseletet tekintve. Mennyire ugrik meg a pulzusa munka előtt, mennyire hamar tud vissza állni a ló alap értéke.

Nyugodtsága jó alap arra, hogy összehasonlítsam a tesztben résztvevő egyéb, magasabb vérmérsékletű lovakkal, hogy azonos munka körülmények között, azonos terhelési szint mellett egy magasabb vérmérsékletű lónak mennyire ugrik meg a pulzusa, légzés száma, izzadásának mértéke egy nyugodtabb lóéhoz képest, így már csak kontroll csoportnak is kiváló ló.

Intensia

A harmadik teszt alany egy 2014-es KWPN kanca. Hollandiából érkezett Magyarországra, a holland sportló fajta fogatra specializálódott ágazatát képviseli. Tisztavérű KWPN, Magyarországon is a fogatsportban van munkában, ahol egyes fogatban versenyzik. Nem túl magas (156 bottal), agár alkatú, nagyon elegáns, térélelő mozgású ló. Vérmérséklete igen magas, a ló erősen rebbenékeny.

A telivérnél is magasabb vérmérséklete, és többtől merőben eltérő szakág, melyben a ló dolgozik, előnyös választássá teszik őt a tesztelésre. Maga a fogatsport sokmindenben különbözik a háts lovak világtól, amely mind terhelésben, mind habitusban megmutatkozik. Az, hogy nincs egyenes kontakt a ló és lovasa között, olyan kérdéseket vet fel, mint hogy lassabban lehet-e visszanyugtatni a lovat, ha nincsen kontakt a hajtóval, mennyire veszi át a ló a hajtó idegállapotát. Emellett maga az alap terhelés is érdekes. Jobban vagy kevésbé terheli a lovat az, ha a kocsit húzza, mintha lovas ül a hátán. Azonos terhelés mellett jobban, vagy kevésbé fárad ki.

Carlos:

A negyedik tesztalany egy 2002-es Amerikai ügető herélt. Ügető versenyen a ló nem vett rész élete során, kocsiban dolgozott. A tesztelést megelőző időszakban, és a tesztelés alatt is szabadidős versenyek folyamatos résztvevője volt a ló, melyeket idősebb kora ellenére is maximális energiabedobással teljesít.

Alkatát tekintve egy alacsony, picit talán teltebb ló, nem kifejezetten flexibilis, de gyors, jó mozgáskoordinációval, és kiemelkedő kondicionális adottságokkal. Összehasonlítva a tesztelésben részt vevő angol telivérrel, a versenykarrier hiánya egy érdekes pont lehet, hogy mindez mennyire hat a ló kondíciójára, egyúttal mennyire hat a ló mentális egészségére. Van-e megfigyelhető különbség a két hasonló tenyészcéllal rendelkező versenyló között, akár azok stressz szintjében, akár kondíciójában. Szintén érdekesség a ló kora, ő a legöregebb résztvevője a tesztfázisnak, és az is érdekesség, hogy általánosságban milyen különbségek mutatkoznak a kondícióban a többi tesztalannyal. Carlos az egyetlen ló amely nem professzionális versenycélú felhasználásban van mindennapokban, és nem is volt abban soha. Érdekes lehet, hogy milyen módon mutatkozik meg ez a ló általános egészségügyi állapotában a kondicionális adottságokon felül.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. Teszteredmények, adatelemzés

2.táblázat: Pulzusértékek változásai az egyes, vizsgálatba bevont lovaknál, futószáras és nyereg alatt/kocsiban végzett edzésnél
(saját készítésű táblázat, saját mérések alapján)

1.

Futószár alatti átlag pulzus szám					Nyereg alatt, kocsiban mért átlag pulzus szám				
Alkalom	Freddie Mercury	Santo Stefano Rasputin	Carlos	Intensia	Alkalom	Freddie Mercury	Santo Stefano Rasputin	Carlos	Intensia
1	119	118	125	135	1	121	119	125	128
2	121	120	125	132	2	120	119	124	129
3	122	119	126	134	3	121	118	122	131
4	120	118	125	134	4	123	118	123	125
5	121	122	128	136	5	114	115	126	158
6	118	124	125	132	6	112	113	125	131
7	119	125	120	128	7	110	113	124	124
8	119	122	122	129	8	129	128	123	125
9	118	118	121	130	9	110	115	121	124
10	117	119	125	131	10	112	115	123	123
11	118	117	123	129	11	112	110	126	125
12	115	119	123	128	12	115	111	124	125
13	112	119	120	125	13	128	112	125	128
14	115	118	121	128	14	115	110	119	131
15	112	116	124	129	15	114	113	119	134
16	113	115	128	129	16	113	114	118	128
17	114	116	135	127	17	113	113	121	126
18	117	117	120	124	18	115	110	123	126
19	119	119	124	125	19	112	111	121	123
20	119	120	123	125	20	110	115	122	125
21	117	122	125	124	21	125	114	122	124
22	116	119	120	122	22	119	115	125	125
23	114	118	124	121	23	115	112	124	129
24	116	114	121	121	24	112	113	125	128
25	112	114	121	127	25	113	110	123	125
26	111	120	123	122	26	116	115	121	124
27	116	121	123	123	27	116	128	122	121
28	115	119	120	121	28	109	125	123	121
29	114	118	121	122	29	110	110	119	123
30	113	118	124	126	30	121	116	121	126

A méréseket 8 hónapon keresztül végeztük, minden ló esetében 2x30 mérés történt. Fontos, hogy a mérések elsődleges célja a szenzorcsoport tesztelése volt, és nem egy konkrét vizsgálat. Ugyanakkor, ha már összegyűltek az adatok, kísérletet tesztek az értelmezésükre is. Az átlag pulzusszám mérések nem hoztak kifejezett különbséget egy-egy lónál, ha a futószár és a nyereg alatti munka adatait vesszük. A lovak közötti eltérés az, ami látványos. Látható, hogy a legmagasabb pulzusszámot a nemrég Magyarországra érkezett KWPN, Intensia hozza.

Nyugalmi értékei 121 és 136 közöttiek, az átlag 127.3, a szórás 4.41. Munka közben mért értékei alacsonyabbak 121 és 134 közöttiek, bár van egy 156-os pulzusátlag is. Az átlag , a szórás . A mért értékek magyarázhatóak egyrészt a holland sportló fajta jellegzetes tulajdonságaival, jellemével, illetve azzal, hogy a nyugalmi mérések hónapjai közvetlenül azután voltak, hogy megérkezett Magyarországra, vagyis helyet, körülményeket, gazdát váltott.

Látható az is, hogy a hosszú galopp karriert maga mögött tudó Freddie, angol telivér jó értékekkel dolgozik. Ez pozitív a mentális képességeit tekintve, és úgyszintén a kondícióját is dicséri. Az is látható, hogy a tesztelés ideje alatt, mely nem kevés időt ölelt fel, a ló nem esett át kifejezett kondícióromlásra, hanem szépen tarja az adatokat. A nyugalmi pulzusértékei 111 és 122 között vannak

Rasputin adatai szintén tükrözik a ló és a vele végzett edzőmunka milyenségét. A ló nagyobb testű társainál, az edzőmunka a tesztelés idején fizikailag kevésbé volt megterhelő. A ló nyugodt jelleme szintén visszatükröződik az adatokban.

Carlos valamivel idősebb, de munkája egyszerű, nem megterhelő.

Szintén érdekesség, hogy a minden lónál kiugró pulzusszámokat mutató időszakokon szinte kivétel nélkül tapasztalható volt fronthatás, mely a lovak munkakészségén és mentális állapotán gyakran meglátszik. A tesztteredmények mutatják, hogy a ló fizikálisan tükrözi ezeket az időjárási változásokat. Feljegyzéseim szerint Freddie-nél a 3. és a 19-20. alkalom volt ilyen, Intensia magasabb pulzusértékei a 9. és a 10. alkalommal, Carlosé pedig a 17. alkalommal végzett méréseknél tudhatóak be a fronthatásnak. Itt jegyzem meg, Freddie 20. alkalma, Intensia 10. alkalma és Carlos 17. alkalma azonos napra esett.

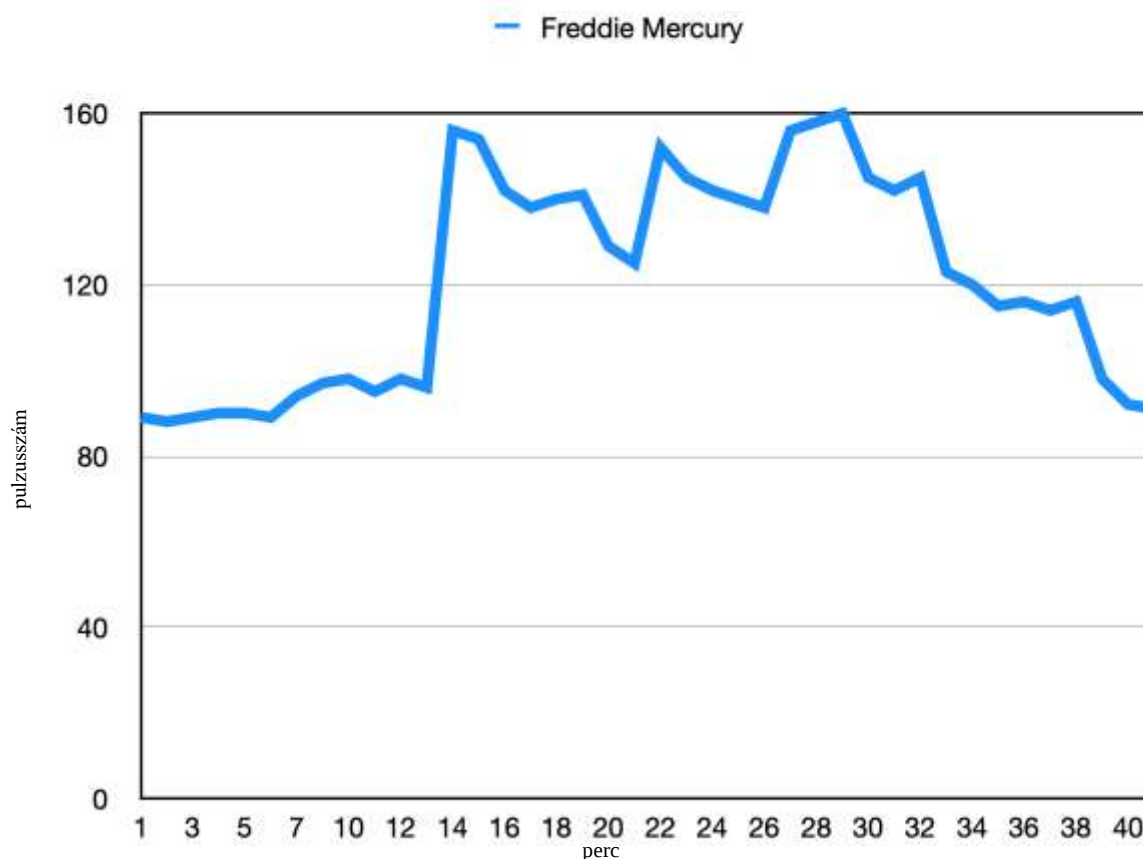
A 14. ábrán Freddie Mercury idomító edzésének diagramja látható, melyen 40 percen van lebontva a pulzus. A mérés a nyeregbe szállástól a leléptetés megkezdéséig volt rögzítve, egy körülbelül 70 - 80 % - os terhelésű edzés folyamán.

Ezen adatok összességében úgyszintén hozzák a várt eredményeket. Az edzés megkezdése megfelelő 80 - 90 közötti pulzussal történik, mely enyhe emelkedést mutat amikor a ló hosszú szárról kontaktba kerül, és finoman elkezd a szárhoz lépni.

Az első ugrás szerű növekedést az ügető szakasz megkezdése hozza, mellyel egyidejűleg a ló pulzus száma majd 160-ra ugrik fel. Ez szintén teljes mértékben normális, ilyenkor megy végbe ugyanis az 'overshoot' reakció. Innen az optimális 130 - 120 közé esik a bemelegítés további ügető szakaszára, majd a vágta szakasz viszi fel megint 150 felé, addig szépen csökken, valamint egy pihenő lépés szünetnél látható egy mélypont 22 perc környékén. A vágta és a

munka szakasza mutat egy tartósabb magasabb szintet, majd 32 perctől folyamatosan csökkenni kezd, míg el nem éri a 90-es pulzust a leügetés végére.

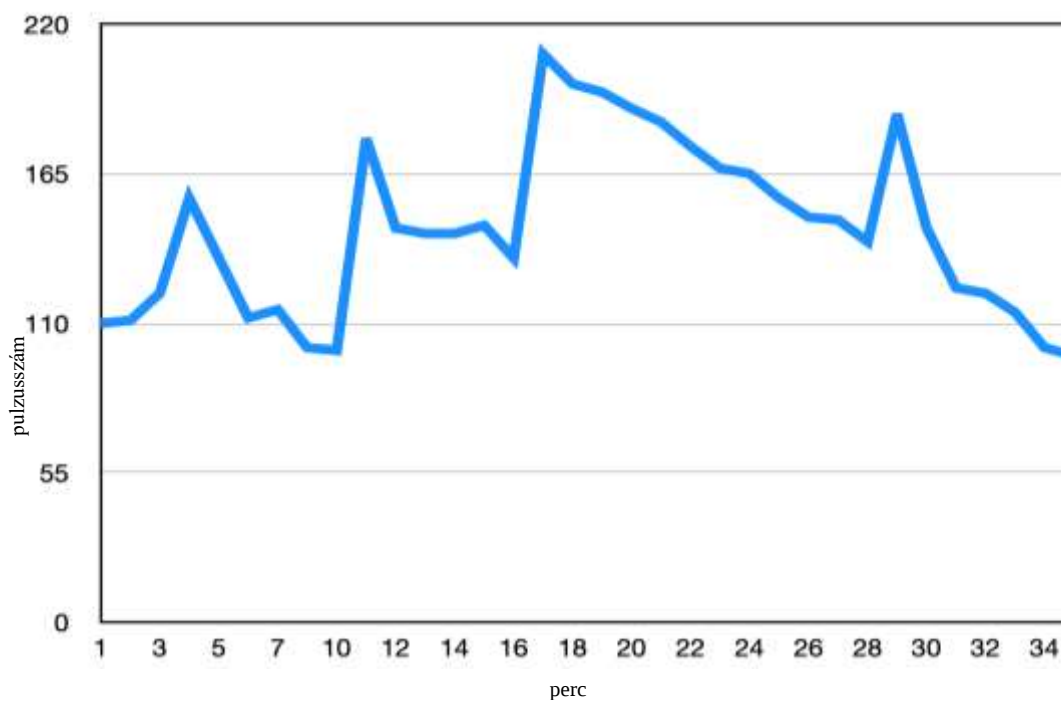
14. ábra: 40 perces idomító edzés pulzusértékei, percenkénti bontásban
(saját készítésű diagram, saját mérés alapján)



A következő két diagramm (15. és 16. ábra) egy ugró edzést és egy terep lovaglást mutat be. Ez a két edzésmunka mutat némi hasonlóságot egymással. Mindkét ábrán látható, hogy az idomító edzéshez képest több kiugró értékkel rendelkeznek, melyek folyamatos csúcs- és mélypontokat mutatnak. Ennek oka a folyamatos munkaintenzitás változás, melyet az ugró edzésen az ugró feladatok egymás utáni teljesítése, és a pihenő szakaszok váltakozása von maga után. A tereplovagláson a váltakozó ügető és vágta szakaszok okozzák a maximumok és minimumok közötti átmeneteket. A ló eleve jóval magasabb pulzusértékkel indul (110/perc), a terepen való munka, mint pozitív stresszfaktor jelenléte miatt.

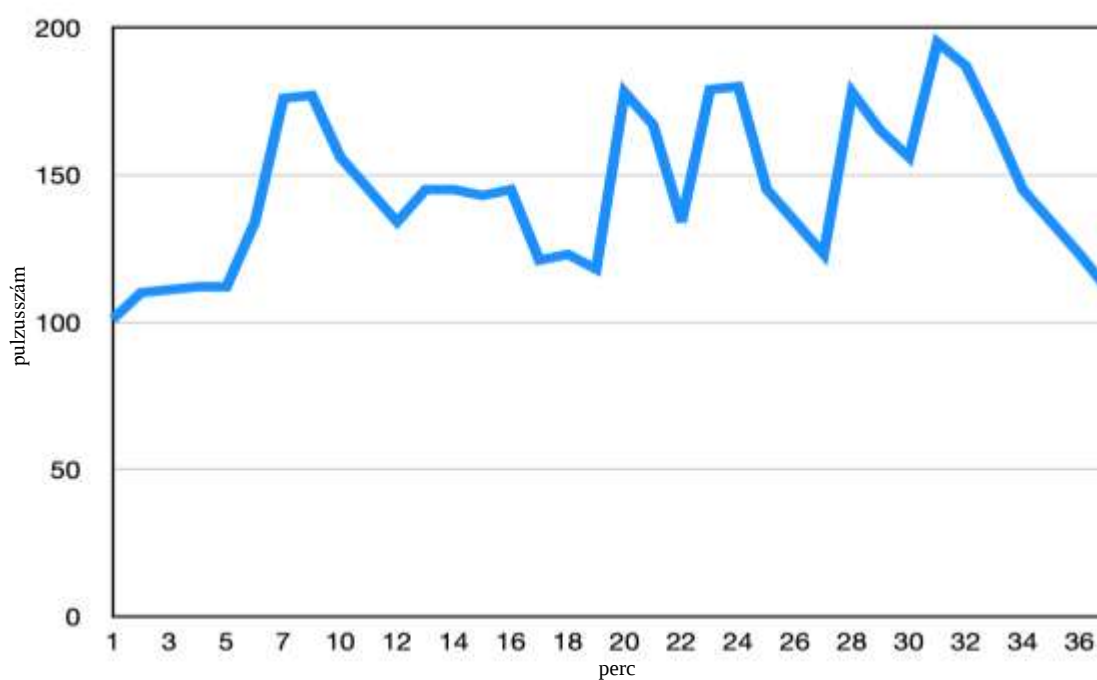
15. ábra: Pulzusértékek tereplovaglás alatt, Freddy Mercury

(saját készítésű diagram, saját mérés alapján)



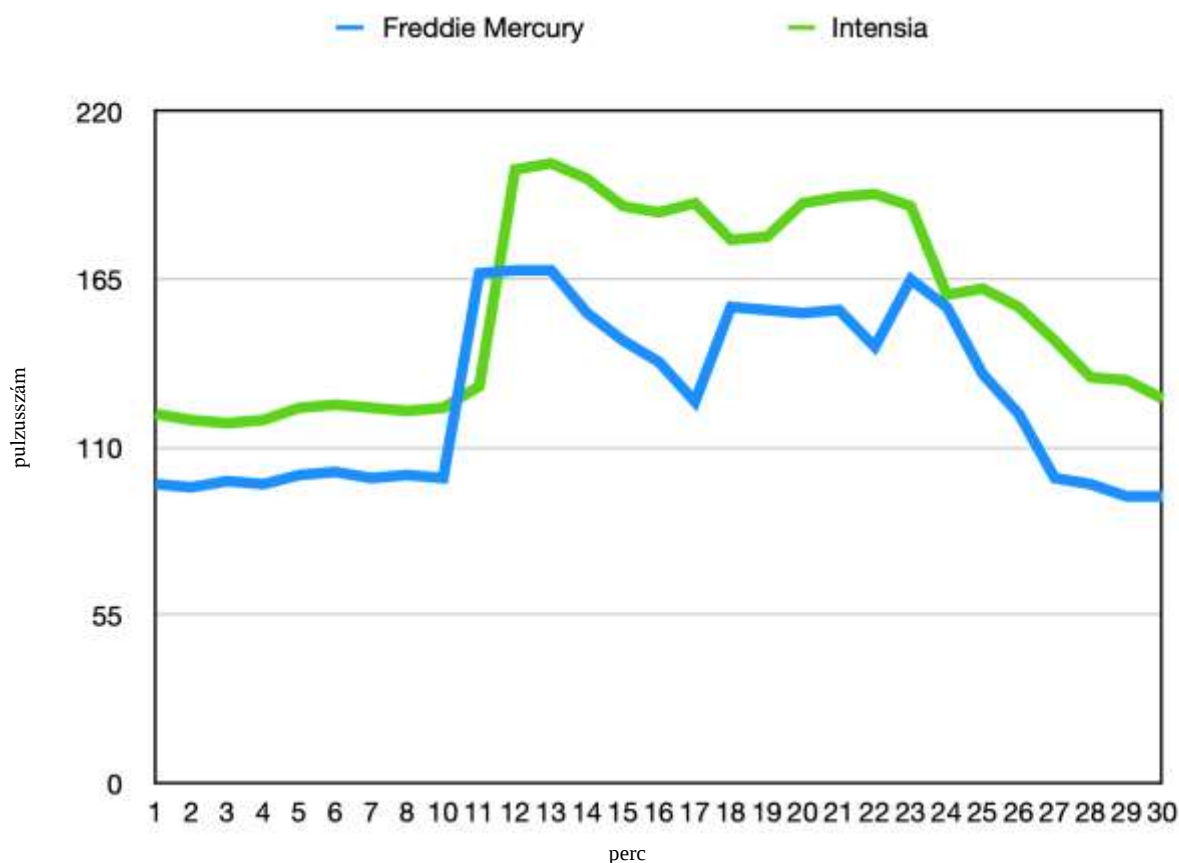
16. ábra: Pulzusértékek ugróedzés alatt, Carlos

(saját készítésű diagram, saját mérés alapján)



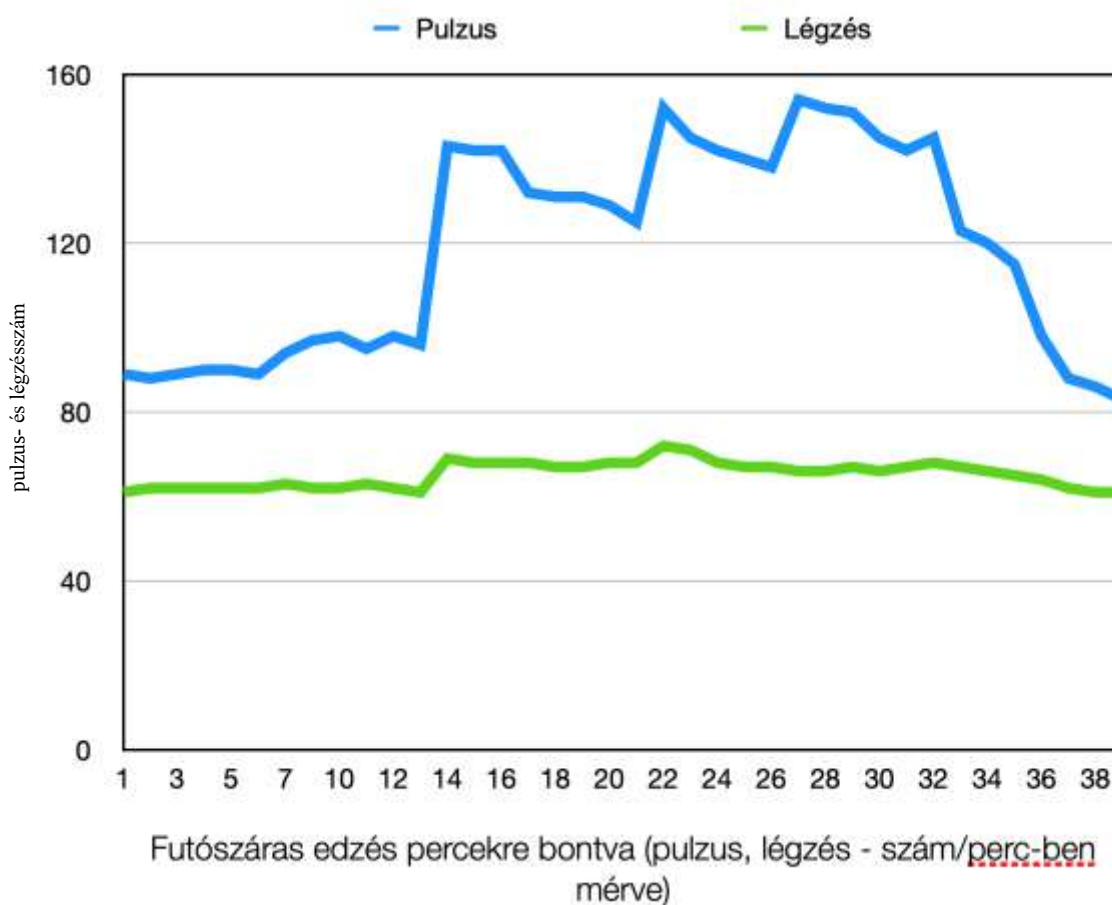
A 17. ábrán Freddie Mercury és Intensia edzésmunkájának összehasonlítása látható. Egyértelműen kivehető a két ló mentális állapota között a különbség. Intensia értékei mindvégig jóval magasabbak, kezdve a kezdő értékétől, egészen az edzés végéig. A kezdeti pulzusszám, és a melegítés megkezdésével megugrott számok szintén nagyobb különbséget mutatnak, Intensia értékei jobban megugranak. Látható hogy a pulzus csökkenés is kisebb mértékben megy végbe az alacsonyabb aktivitású edzésszakaszok alatt, ez megint csak a hevesebb idegállapotot mutatja. Ami szintén különbséget mutat, az a görbe a 25. perc után. Míg Freddie adatai meredeken esnek a terhelés visszavételével, Intensia adatainak csökkenése egy jóval laposabb görbével történik.

17. ábra: Freddy Mercury és Intensia edzés alatt mért pulzusértékeinek összehasonlítása
(forrás: saját készítésű diagram, saját mérés alapján)

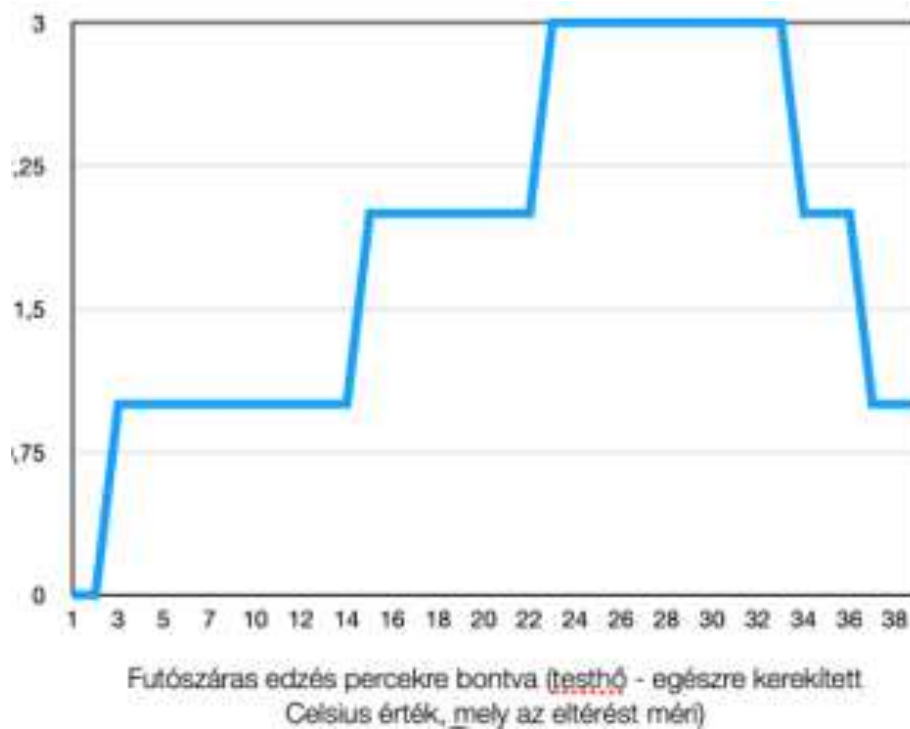


A 18. a. b. és c. ábra együtt mutatja az edzés terhelés közben a ló pulzusát, légzését, testhő változásának arányát, és az izzadás mértékét. Az adatok jószerével együtt mozognak a saját skálájukon. A légzésben bekövetkezett változások légzésszámban minimálisak, ennek oka, hogy ebben az esetben a belégzés térfogata, ezáltal a belélegzett levegő liter száma az ami nagyobb mértékben megugrik, ennek ellenére minimális változás látható ahogy követi a pulzus értékeit. Az izzadás a melegítés ügető szakaszának kezdetén szintén nagyobb mértékben megugrik, majd a vágta szakasznál látható még egy ugrásszerű növekedés. A tesztelt ló kifejezetten jó kondícióban van, így a leügetés végeztével már vissza szárad. A testhő változás a ló bőrfelületére értendő, ahol a serkent helyi vérkeringés okozza a hőemelkedést (melyet hőkamerával is ellenőrizni lehet). A testhő szintén együtt mozog az izzadással, azonban a változások kevésbé szembetűnők.

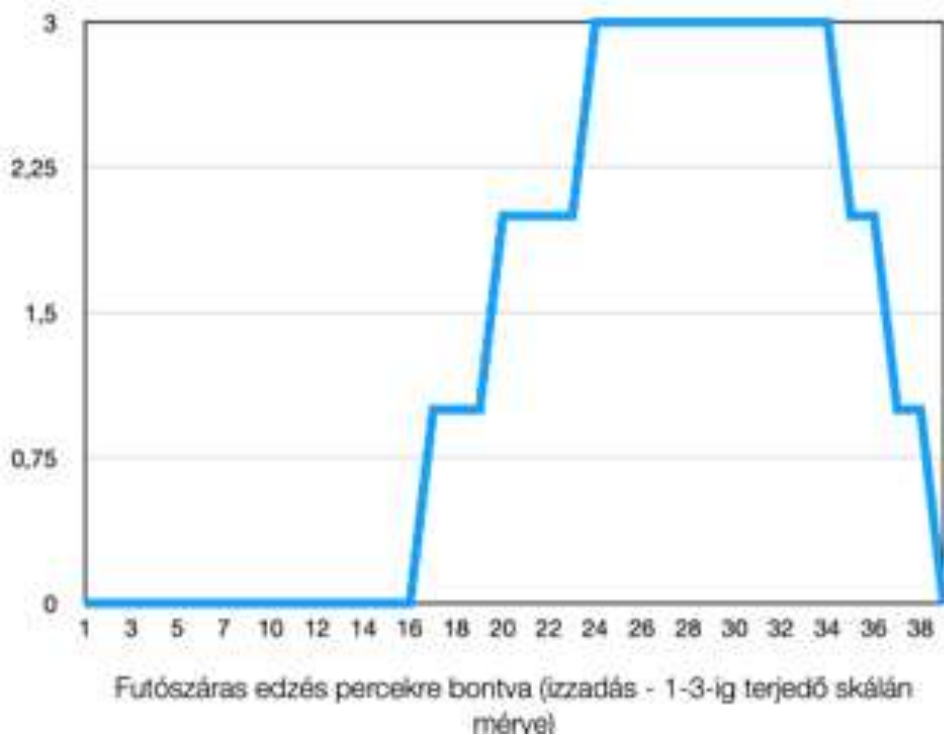
18.a. ábra: Freddy Mercury, futószáras edzés pulzus és légzés adatai
(saját készítésű diagram, saját mérés alapján)



18.b. ábra: Freddy Mercury, futószáras edzés testfelszín hőmérséklet adatai
(saját készítésű diagram, saját mérések alapján)



18.c. ábra: Freddy Mercury, futószáras edzés izzadási adatai
(saját készítésű diagram, saját mérések alapján)



4.2. Esettanulmány

A tesztelési folyamat során napi szintű figyelemmel és múltja ismeretében különös érdeklődéssel vizsgáltam saját lovam adatait.

Az alany Freddie Mercury, 2011-es születésű pej herélt, angol telivér. Freddy a galopp sportra lett kitenyésztve, mint az angol telivérek általában. Apja Kandahar Run (GB), anyja Flying Sensation (GER), Anyai nagyapja Platini (GER). Ez a galopp sportban remek származásnak minősül, mind Kandahar Run, mind pedig Platini kiemelkedő eredményeket hozott tulajdonosainak, így tehát ez egy kiváló kombináció. Freddie is beváltotta a hozzá fűzött reményeket, 2013 és 2019 között 10 győzelmet és több 14 millió forint pénzdíja halmozott fel, nemzeti és nemzetközi versenyeken egyaránt.

Galopp múltját hátrahagyva, 2020 januárjában vásároltam meg, hogy teljesen új irányt adjak az életének a díjlovaglás formájában. A galopp és a díjlovaglás teljes mértékben különbözik egymástól, a ló teljesen más elvárásoknak kell, hogy megfeleljen a két szakágban. A galopp lovak fő ismérve és legfontosabb tulajdonsága a szikár, szálkás, dinamikusan működő, izmos alkat és a kiváló állóképesség, edzett kardiovaszkuláris rendszer a futamok teljesítéséhez. Ezzel szemben a díjlovaglás inkább igényel egy statikusabb izomzatot, ami megtartja a lovat a lassabb mozgások folyamán, nagyon edzett, fejlett vázizomzat (Core izomcsoport), viszont valamivel kevesebbet igényel a ló természetes pulzus- és légzésszám megugrásából, amely a galoppban nagy szerepet játszik, tehát a kondíció nincs olyan téren igénybe véve. Ellentétben a ló mentális képességeivel, ami viszont a négyszögben igényel többet mint a galopp pályán. A díjlovaglásban a lónak végig kell koncentrálnia (egy nagydíj esetén) 7-8 percet a négyszögben, úgy hogy 10-20 másodpercenként folyamatosan új feladatot kell teljesítenie a lehető legprecízebb kivitelezésben. Nem is beszélve az edzés munkáról, ahol az állat mentális téren szintén sokkal inkább igénybe van véve, mint a galopp pályán.

Adja magát tehát a kérdés, hogy ilyen eltérések mellett mennyire lehet ugyanaz a ló sikeres mindkét sportágban. A tulajdonságok, amik ahhoz kellenek, hogy egy galoppról jött telivérből sikeres díjtó válhasson, azok a következők: meg kell tanulnia úgy dolgozni, hogy ne váljon stresszessé az edzés folyamán, ne az legyen az első, hogy amikor meglátja a nyeret, a kantárt, abban a pillanatban felszalad a pulzusa, zihál, és felhergeli magát. Meg kell tanulni, hogy a lovas ül a nyeregben, és erre sem reagálhat azzal, hogy megszalad, sem ügetésben, sem vágásban. Keretben kell közlekednie, és leginkább rengeteg új feladatot kell megtanulnia, és mindig a lovas utasításaira figyelni, rengeteg segítségre, amelyeket ösztönből, és tudásból kell

megtanulnia végrehajtani. Freddie ebből a szempontból különösen nehéz alanynak bizonyult elsőre, mivel ő a galopp pályán sem (a szokás elmondása alapján) tartozott a befolyásolható lovak közé, az ő akarata teljesült.

Az izgalmi állapotnak velejárói a megemelkedett pulzus- és légzés szám, valamint kritikus esetekben az izzadás (a kritikus itt arra értendő, ha a ló nem végez fizikai munkát, viszont mégis felidegesedik). Így tehát ezen paraméterek mérését céloztam meg a ló boxból való kivezetésétől, egészen a boxba való vissza vezetésig. Továbbá egy paraméterre voltam még roppant mód kíváncsi, hogy a galoppról lejtő ló munka utáni alapértékeinek visszaállásának ideje vajon fog-e romlani az idő során, ahogy elszokik a magas cardiovasculáris terheléstől.

A főbb méréseket különféle mérőföldkövekhez kötöttem. Az első mérőföldkő az volt, amikor elkezdtem dolgozni a lóval. Sem izomzatban, sem a figyelmében nem állt a ló közel sem ahhoz, ahol a dolgozat írásának idején tart, és ezt lassan, fokozatosan kellett felépíteni. A fokozatosság több szempontból is fontos egy képzetlen ló lovaglásánál, egyrészt, hogy az állat egészségügyileg ne romoljon, itt nem csak az izomzatáról beszélünk, de a szív-érrendszer, és légzőszerv is károsodhat, ha a ló túl van terhelve.

Az első pár héten kevés nyereg alatti munka, és sok futószár jellemezte a ló munkáját, kiegészítve olyan fizioterápiás kezelésekkel mint a masszázs, elektromágnes terápia, szükség esetén kinesio tape. Az első héten még nem gyűjtöttem adatot a lóról, ki akartam ismerni, mire hogyan reagál, vannak-e rossz tulajdonságai, mennyire sikerült az alapképzése. Ezen a héten már látszott, hogy Freddie nagyon intelligens, jó mentális képességekkel megáldott ló, egyszerű, de fejleszthető mozgással, alapképzése gyenge, futószáron és nyereg alatt egyaránt, de intelligenciája mindenért kárpótolt. Kicsit nyersnek lehetett mondani a stílusát, könnyen ideges lett, ezt nyilván galopp múltja magyarázza. Ezek után végeztem el az első méréseket Freddie-n, amelyek a légzésszáma és pulzusra vonatkozó mérések voltak. Nyereg alatt nem, csak futószáron teszteltem, a futószárazó heveder alá helyeztem a szenzorokat, melyek jól végezték a feladatukat.

A légzési, és a pulzus adatok egyaránt megfelelőek a munka előtti lépés szakaszában látszik, hogy a lónak remek kondíciója van, és aránylag nyugodt tud maradni a munka korai szakaszában. A következő adatok már a munka fázisából valók, ehhez mért változásokkal.

Freddie átlovaglásának a következő mérőföldköve a több lovagló munka, tanügetés, és vágta munka volt. Mivel galopp ló volt, így a hátára való leülés, és ülve maradás is egy kritikus

pontnak minősült. Hosszabb időbe telt, hogy megtanulja azt, hogy nem kell elrohanni ahogy ráülök, nem kell féltetnie a hátát, mert puhán ülök rajta mind ügetésben, mind pedig vágásban. Ebben a szakaszban kellett megtanulnia a félfelvételt, és hogy reagáljon a lovas derekára, azzal adott segítségekre. Az elején a derék segítségek megijesztették, de hamar megértette, hogy az, hogy a mozgását megszakítja, az a segítség lényege.

Ezek a munkák már kifejezetten kondíció igényesek is, így különösen kíváncsi voltam a mérési eredményekre nyereg alatt. Az összeszedettség állapota, és abban történő munka például az egyik legnehezebb a lovak számára mind vázizomzatban, mind szívérrendszerben, mivel ez egy statikus, izommunka igényes feladat a ló számára.

A következő mérföldkő Freddy első díjlovas versenye volt. Az első versenyén E kategóriában indult a ló, ami a lovaktól egyedül az alapokat várja el, lépés, ügetés, vágta stabil támaszkodással (Freddy esetében a maximalizmus miatt összeszedettségben), alap patanyom figurákkal.

Ezek után Freddy elkezdte tanulni a magasabb iskolát. Ebben a következőket, ellenvágta, egyszerű ugrás váltás, ugrás váltás, combra való engedés, féloldalazás, összeszedett-középnújtott lépés, ügetés, vágta, magasabb szintű átmenetek. Ezek a feladatok komoly szint lépést igényelnek egy lótól, mind koncentrációban, mind pedig kondícióban, és erős képzési alapok kellenek hozzá hogy egy ló megtanulhassa ezeket.

5. Következtetések és javaslatok

Saját kutatásom alapvetően *egy fejlesztés és annak tesztelése* volt. Egy olyan szenzorcsoporthoz *létrehozását* tűztem ki célul, mely a humán felhasználáshoz hasonlóan pontos, folyamatosan rögzített és archivált adatokat közöl a ló biográfiájáról, életviteléről, nyugalmi és edzés közbeni fiziológiai értékeiről.

A SmartHorse szenzorcsoporthoz egyik felhasználási formája *a ló edzésmunkája közbeni real time, élettani adatgyűjtés, archiválás, elemzés*. A tesztfolyamat során én ezt a funkcióját vizsgáltam a szenzorcsoporthoz. Megállapítottam, hogy tesztfolyamatra összeállított szenzorcsoporthoz teljes mértékben megfelelő adatokkal szolgál, nincsenek kiugró kilengések a mérések folyamán. Mind *az edzést megelőző, nyugalmi állapot mérései, mind pedig a munkavégzés közben levett adatok megfelelnek a tesztalanyok fajtai követelményeinek és a szakirodalomban fellelhető adatoknak, elvárásoknak egyaránt* (Apor, 2000; Nyerges-Bohák, 2020; Ütő, 2019; Hinchliff, 2018; Kingston, 2006).

A szenzorcsoporthoz az általam tesztelt felhasználásban egy szabvány hasvédős hevederben kerül felhelyezésre a lóra, mely külön kerül kialakításra díjlovas, díjugrató és egyéb nyergekhez. Ebben a formában minden szenzor a megfelelő helyen van az adatgyűjtéshez, az eszköz felhelyezése nem kíván plusz szerelést a ló szerszámozása során, az adatok pedig bluetooth / wifi kapcsolattal kerülnek folyamatosan a telefonra / okosórára valós időben. Egy ilyen egység egyedül töltést igényel, mely egy alap hevedernél nem lenne szükséges, de ezen felül semmilyen informatikai tudást, hardveres szakértelmet nem kíván a felhasználó részéről, így teljes mértékben *felhasználóbarát eszközről* beszélhetünk.

A funkcionalitásnak fontos része egy jól megírt, használható *szoftver*, mely kezeli az adatokat. Az adatkezelésben a IoT egyik fontos eleme az *AI (Artificial Intelligence)* avagy mesterséges intelligencia. Ennek oka, hogy a folyamatos adatelemzésre az AI egy kiváló, emberi energiát nem igénylő intelligencia, mely különösen az eltérések felismerésében lehet hasznos. Egyrésztől dokumentálni tudja a ló fizikai fejlődését, annak kondicionális adatait, az edzés folyamán leszűrt adatokból (edzés hossza, a munka és pihenő szakaszok váltakozása, az aerob és anaerob szakaszok hossza, intenzitása, a pulzus, a légzésszám, a megtett táv, és a giroszkóp adatai). Ez nem csak amiatt hasznos, mert látjuk, hogy a lovunk éppen milyen szinten áll, hanem az adatok alapján az AI előre tudja jelezni, hogy a ló mennyire áll készen egy nagyobb megmérettetésre, milyen kondicionális állapotban van például egy hosszabb versenyfelkészülés után, egy verseny után nagyjából milyen állapotban van, mennyi

regenerációs idő ajánlott a számára. Összességében tehát *nem csak az aktuális állapot ellenőrzésére jó, hanem ennél jóval messzebbre mutató potenciál van az eszközben.*

Emelet a mesterséges intelligencia látja a *hirtelen változásokat* is, s ezekre *figyelmeztetni tud*. Akár a légzés, akár a pulzus hirtelen megugrása utalhat kardiovaszkuláris problémákra (amennyiben ez eltér a korábbiaktól, például a munka intenzitásának függvényében). Az anaerob szakaszok növekedése, változatlan intenzitás mellett, az oxigénfelvétel zavarát jelezheti, a testhő hirtelen, túlzott mértékű megugrása gyulladásos folyamatokra utal. Ezek mind olyan jellegű tünetek, melyek nem feltétlenül okoznak pillanatnyi, azonnali teljesítményromlást az állat edzőmunkájában, viszont *korai felismerésük nagyon fontos az esetleges kórfolyamatok időbeni megelőzésében, betegségek akut kialakulásának megakadályozásában*, mely hosszú távon akár a ló karrierjét is megmentheti (vö. Heipertz-Hengst, 2002).

Fontos kiemelni a speciálisan lógyógyászati célú felhasználást, mivel a hétköznapi lovasoknak nem szükséges a nap 24 órájában a lovuk minden fiziológiai értékével tisztában lenni. A tesztfolyamat során, a kapott adatok stabilitása arról is meggyőződött, hogy szenzorcsoport *állatorvosi felhasználásra* is alkalmas lehet. Ez esetben a hordozó eszközt kell megváltoztatni: a szenzorcsoport egy gumi hevederben kapna helyet a ló mellkasán. Ez már magában hordoz egy plusz eszközt, mely a lóra kerül a regenerációs, relaxáló szakaszban, viszont továbbra is egy kockázatmentesebb megoldás annál, mint ha egy kötőfék lenne a lovon, mivel egy ilyen gumis heveder kevésbé tud beakadni, mint a ló fején lévő kötőfék.

Állatorvosi felhasználásában tehát erős lehet a potenciál. A rutin adatrögzítések terén az *asszisztenciáról egy jól működő szenzorcsoport nagy terhet tud levenni*, úgy, hogy közben minden adat folyamatosan rögzítésre kerül, valamint *az állatorvos is jóval több adatból tud dolgozni* például egy elektrokardiogramm-os megfigyelés során.

Az, ha egy érrendszeri problémákkal küzdő ló folyamatos felhasználója volt a betegséget megelőző 1-2 évben a szenzorcsoporthoz, az szintén számos plusz adat a diagnosztika során. Olyan ez mintha a ló pulzusát, légzésszámát folyamatosan rögzítette volna a lovasa, így az esetleges állapotromlásról sokkal pontosabb képet kap az állatorvos, napra pontosan hozzákötheti esetleges eseményekhez az állapot romlását, megfigyelheti annak intenzitását, a kór lefolyásának gyorsaságát. Ugyanez elmondható a légzőszervi megbetegedésekről, keheességről, ahol szintén a ló pulzusa, légzésszáma az eszköz használatának teljes időtartalmáig vezethető vissza, emelet az AI kiemelheti a nagyobb változásokat, ezzel is segítve az állatorvos munkáját, és végeredményben a ló felépülését.

Globális elterjedtség esetén pedig szerves része lehet a ló kondíció profilja advéteknek, tenyészszemléknek, mely az eladó és a vevő oldalát is megkönnyíti.

Összegzőképpen elmondható, hogy a kifejlesztett és tesztelt szenzorcsoport a lovaknak és lovasoknak egy olyan segítséget adhat, mely az edzőmunkát hatékonyabbá és lóbarátabbá teszi, megelőzi a terheléses megbetegedéseket, javítja a megfelelően alakított kondíciót, optimalizálja a ló teljesítményét a versenyekre, és alakítja az edzés aktuális felépítését. Az állatorvoslásban hatványozza az állatorvosok rendelkezésre álló releváns információkat a lovakról, folyamatos adatközlést tesz lehetővé, archiválja és elemzi a ló adatait, ideje korán figyelmeztet az esetleges komplikációkra.

5.1. Szakágak szerinti hasznosítás

A következőkben arra teszünk javaslatot, hogy a fejlesztés alatt álló SmartHorse szenzorcsoporthoz, szakágak szerinti bontásban, milyen speciális felhasználási lehetőségei lehetnek.

Díjlovaglás

A díjlovaglós szakágban nagyon fontos a lovak képzésének időben történő elkezdése, és folyamatos, kiegyensúlyozott végzése ahhoz, hogy sikeres díjló válják belőlük. A díjlovak képzése már a 3 éves kor előtt elkezdődik szigorúan földről, majd 3 éves kor után nyeregből. Fontos, hogy a ló ne legyen fiatalon túlterhelve, mind a lábait, mind pedig a szív-érrendszer szempontjából. A ló túl fiatalon történő terhelése, vagy ennek ellenkezője, mozgásszegény csikókora számos olyan potenciális mozgásszervi, idegrendszeri megbetegedést hordozhat magában, melyeket a későbbiekben nem feltétlen lehet teljes mértékben visszaállítani.

A fiatal díjlovak képzésénél fontos szerepet játszik mind a hevederbe épített szenzorcsoporthoz, mind pedig a lábakra helyezhető AHRS modulok összessége. A heveder a kiegyensúlyozott pulzus, légzés számát hivatott ez esetben figyelni, hogy a ló ne legyen túlterhelve, ugyanis ez hosszú távon a nem megfelelő izomregeneráció miatt nem izomnövekedést, hanem izomvesztést fog okozni, emellett a végtagok egészségének is súlyos negatív befolyásoló tényezője lehet a túlterheltség, és nem utolsósorban a kardiovaszkuláris rendszer egészségét is képes rontani. A díjlovaknál kiemelten fontos az állat nyugodtsága, mivel olyan munkát végez, amihez az intelligenciájára, a figyelmére nagy szüksége van, és ezt is jól tükrözi az állat pulzusa, légzése, valamint az ezekből AI által kikövetkeztethető stressz szintje. A másik fontos paraméter az AHRS által közölt G erő adatok, amelyek az állat végtagjainak terhelését mutatják. A díjlovaknál egy fontos elem a 'hegyre fel' állapot, ami annyit jelent,

hogy az a hátulsó végtagokra teszi a súlypontját, így az eleje szabadabban mozog, csánkja hajlított, energiát sugárzó. Azonban, ha ez túl hamar, túl nagy mértékben történik meg, vagy túl hosszú ideig, akkor az állat hátulsó végtagjai, csánkja, csüd izülete hamar elhasználódik, nem fogja bírni a terhelést, következményképpen a ló olyan izületi problémák potenciális elszenvedőjévé válik, melyek fájdalmasak, a munkát, de akár a mindennapi életminőséget is erősen rontják.

Az alapkiképzéseken túlesett lovaknál a további edzésmunkát segítheti elő az eszköz. Egyrészt a terhelés folyamatos optimális szinten tartását, hogy a ló fejlődjön, de ne legyen túlterhelve, másrészt az AHRS modul segíthet a megfelelő nyújtások, ütemes piaffe, passage, kidolgozásában, archiválva az adatokat, amivel látható a ló folyamatos fejlődése, mind kondícióban, mind a feladatok végrehajtásának kivitelezési minőségében.

Díjugratás

Ugró lovaknál – a díjlovakhoz hasonlóan - szintén nagyon nagy a hangsúly az AHRS modulokon, de az ugró sportban épp az ellenkező láb a féltett. Ahogy díjlovaknál a hegyre fel miatt a hátulsó végtagnak van nagyobb szerepe, az ugró lovaknak az elülső végtagok vannak nagyobb terhelésnek kitéve. Mindez azért, mert a ló, ahogy az ugrásról leérkezik, mind a saját, mind pedig a lovas súlyát az elülső végtagokkal tompítja, és nyeli el a földre érkezés erejét, ami súlyos G erőket terhel rá.

A fejlesztés alatt álló eszköz talán ennek a G erőnek a bemérésében adhatja a legtöbb, leghasznosabb információt. Az ugrólovak specialitásai szempontjából az AHRS további fontos adatokat nyújt a díjugratók számára, mivel ez rögzíteni tudja a ló sebességét, a pálya vonalvezetését, idejét, de ami még érdekesebb, az elugrások helyét, a súlypont emelkedést, az ugrás ívét, és ahogy azt már említettem, az ugrás és az érkezés G erejét. (Mindez nem csak a díjugratásban, de a kanca és mén vizsgákon is hasznos lehet.)

Lovastusa

A lovastusa egyik sajátossága, hogy a terepversenyére nagyon fontos, hogy a lovasok és lovak megtanuljanak megfelelően iramot lovagolni, mivel minden pályának megadják az alapidejét. Emelett az iram folyamatos gyakorlása megtanítja a lovast a ló határaitra, meddig terhelheti az állatot.

A heveder szenzorcsoportja egy megfelelő okosra segítségével a lovas számára, vagy akár egy okos telefonra az edzőnek kiküldi real time az aktuális iramot, így a lovas azt könnyebben tudja megtanulni, verseny folyamán ellenőrizni. Továbbá minden egyéb értéket is közvetít, így élőben látható a ló pulzusa, légzésszáma, izzadságának mértéke, track-eli az útvonalat és figyeli

az ugrásokat. Mindezek kiemelt fontosságúak a lovastusa terepversenyén, mivel ez egy jóval hosszabb pálya, mint például egy díjugrató, így tehát fontos, hogy a ló ne legyen túlhajtva egy szakaszon, hogy képes legyen kondícióban teljesíteni az egész pályát, emellett a lovastusa verseny utolsó napjára is maradjon energiája (Munoz et al., 1999).

Távlovaglás

Távlovasoknál alaptól is használt eszköz egy óra, mely az iramot és az időt írja. A távlovaglás a leghosszabb napjainkban megrendezett lovas verseny, ahol a lovak akár 60-80km feletti távokat is megtesznek egy adott idő alatt, itt tehát elsődleges a ló energiáinak megfelelő beosztása, hogy ló és lovas végig tudja csinálni a verseny.

A szenzorcsoporthoz ily módon az irammal nem tudna újat adni a távlovasoknak, de a ló real time értékeivel, elégetett kalóriájával (amivel egy ilyen hosszú versenyen már igenis számolni kell), útvonalal, igenis tudna. Továbbá a távlovasok beosztják mennyit lép, üget és vágatják a ló egy verseny alatt, amiben az okos heveder szintén nagy segítséget nyújthat, tekintve, hogy százalékosan, és kilométerben leosztja az eddig megtett út alatti felosztását a jármódoknak.

Fogthajtás

A fogthajtás sok szempontból hasonló a lovastusához, ha a szakág versenyeinek felépítését nézzük. Egy fogathajónak a hámba kerülhet a szenzorcsoporthoz, így nem kell változtatni a szenzorok elhelyezésén. *A fogathajtó szakágban érdekessége lehet az eszköznek az, hogy egy feladatok a kettes és négyes fogatok esetében egyszerre több ló teljesít. Egy négyes fogat esetében számos érdekes információt lehet figyelembe venni, melyek összehasonlíthatják a fogat lovait, azoknak kondícióját. A sügyhámba szintén kerülhet AHRS modul, mely az ott mért G erők alapján meg tudja mondani, hogy melyik ló húz többet, melyik ló húz kevesebbet a fogatból.*

A távlovaglás mellett talán a fogat sport az, ahol az egyik legnagyobb terhelést kapják a fogatlovak a maraton versenynapján. Ez egy 6 - 8km közé tehető verseny, 7-8 maraton akadállyal, melyeket bizonyos időn belül (12 - 14 km / h átlag) kell a fogatoknak teljesíteni. *Egy marathonthajtás alatt kiemelt fontosságú lehet egy szenzorcsoporthoz felhelyezése és használata, mert ilyenkor a lovak túlterhelése igen valószínű. A szív-érrendszer mellett az AHRS modulok figyelik a végtagok terhelését, ezáltal az inszalag kidőlésének esélyét minimalizálhatjuk egy verseny folyamán, valamint az ízületi sérüléseket.*

Az utolsó napi akadályhajtáson a pálya track-elése, idő mérése, és a vonalvezetése kirajzolása a pálya elemzése során, és a későbbi edzéseken is hasznos lehet. Az AI ezen a területen is képes megtanulni az adott hajtó pályáinak elemzését, az ívek, tempók, lassítások,

törések alapján, mely hasznos lehet abból a szempontból, hogy automatizáltan ki tud emelni pár negatív, illetve pozitív pontot az adott hajtással kapcsolatban.

6. Összefoglalás

A kutatás alap célkitűzése, víziója, mely a teljes projektet indította, az volt, hogy egy olyan szenzorcsoporthoz lehessen létrehozni, mely a közölt és tárolt adatokkal segíti a ló edzőmunkáját, megelőzi a mozgásszervi és érrendszeri károsodásokat, fejleszti a teljesítményt. Mindennek természetesen előfeltétele a figyelmes lovas, aki energiát fektet ezen adatok megértésébe, és ezt utána fel is használja annak edzőmunkájában.

A lehetőség a kitűzött cél elérésére a közölt adatok, azok pontossága, az ábrák megfelelő kirajzolódása alapján teljes mértékben adott. Ahogy az a dolgozat szakirodalmi szegmenséből is látszik, a tesztelési fázist megelőzően a megfelelő szakirodalmak keresésére, azok tanulmányozására és értékelésére kellő energia volt szánva. Mindez annak érdekében, hogy a szenzorok kiválasztása, valamint a mérések és az adatok elemzése előtt minden fontosabb támpont ismert legyen ahhoz, hogy a mérések esetleges fals adatait ki lehessen szűrni, így a hamis mérések lehetősége is ki legyen zárva.

A teszteléseket négy lóval végeztük, 2022. április és november között, 8 hónapon keresztül, folyamatosan. A tesztfolyamatra összeállított szenzorcsoporthoz teljes mértékben megfelelő adatokkal szolgál, nincsenek kiugró kilengések a mérések folyamán. Mind az edzést megelőző, nyugalmi állapot mérései, mind pedig a munkavégzés közben levett adatok megfelelnek a tesztalanyok fajtai követelményeinek és a szakirodalomban megtalálható adatoknak, elvárásoknak egyaránt (Apor, 2000; Nyerges-Bohák, 2020; Ütő, 2019; Hinchliff, 2018; Kingston, 2006).

A szenzorcsoporthoz folyamatos real time adatközlése megszakítás nélkül működött minden tesztalanyánál. Ez a tény azért fontos, mert a négy ló jellegzetes eltéréseket mutatott méretben, testfelépítésben, a mozgás sebességében, térölélőségben és így a mért fiziológiai adatokban is. Ezek az adatok már munka közben meg tudták azt mutatni, hogy a ló aktuális terhelési szintje körülbelül hova tehető százalékos formában, mikor kell a ló terheléséből visszább venni, hogy az ideális terhelési szinten maradjon az adott edzés tervezetéhez képest. Emellett a ló stressz szintje is szépen látszik a hirtelen túlzott mértékben megugrott adatokból, ez kiváltképp a terep lovaglások során detektálható (a stresszor nem feltétlen jelent negatív eseményt!). Edzés elemzésében sokat tudnak segíteni a munkafázisok, melyek szintén látványosak az ábrákon. Az adatok szépen mutatják, ahogy a ló pulzusa egyszer megugrik az ügető szakasz kezdetén, majd diszkréten vissza esik, látszik az anaerob küszöb átlépésének pillanata is, mely szintén kiemelten fontos az edzőtervezésben, hiszen a anaerob munkaszakasz túl hosszú fenntartása

nem előnyös a ló mozgásszervének szempontjából. Végül a ló normál értékeinek visszaállása, mely a kondíciót tükrözi kiválóan. Látható, hogy a ló milyen hamar képes visszaállni a 80 - 100 közötti pulzusszámra, melyből majd később fog a teljes nyugalmi alapértékekre visszatérni, amikor a ló teljes mértékben maga mögött hagyta munkát, és a megszokott, békés körülmények közt van.

A szenzor csoport egyelőre nem mutatott még ki semmiféle szív-érrendszeri, légzőszervi problémát a tesztelt lovaknál, így ezen a téren még nincsenek tapasztalatok, de az alapján, ahogy a lovak közti különbségeket a szenzor csoport regisztrálja és archiválja kétségtelen, hogy a problémát jelző értékeket ugyanilyen sikeresen tudja közölni a lovassal, ezzel megakadályozva azok terhelés általi súlyosbodását. A lógyógyászatban hatványozza az állatorvosok rendelkezésére álló releváns információkat a lovakról, folyamatos adatközlést tesz lehetővé, archiválja és elemzi a ló adatait, ideje korán figyelmeztet az esetlege komplikációkra.

A szenzor csoport véglegesítése, annak stabilan egy hevederbe történő beleépítése még természetesen hosszas tesztelést és időt kíván. Ennek ellenére a rendszer hasznossága, és egyben működőképessége, felhasználhatósága a lovak edzésmunkájában, terhelés optimalizálásában, teljesítményfejlesztésében egyértelmű, és megéri a fáradságot.

19. ábra: SmartHorse logo

(forrás: saját rajz)



Irodalomjegyzék

Apor P. (2000): Küszöbértékek haszna a klinikumban. *Orvosi Hetilap*, 141(44), 16- 27

Atalla, Sz.; Tarapiah, S.; Gawanmeh, A.; Daradkeh, M.; Mukhtar, H.; Himeur, Y.; Mansoor, W.; Hashim, K. and Daadoo, M. (2023): IoT-Enabled Precision Agriculture: Developing an Ecosystem for Optimized Crop Management. *Information*, 14. 205. 10.3390/info14040205.

Bódai E.-Makra Z. (2019): Lovak altatási szövődményei – az elmúlt évek eredményei. Irodalmi összefoglaló. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 141(5), 271-280

Bögel Gy. (2018): A dolgok internetének hatása az ellátási láncokra: a mezőgazdaság példája. *Logisztikai trendek és legjobb gyakorlatok*, DOI: 10.21405/logtrend.2018.4.2.23

Filipsz I. (2014): *Állatorvoslás - Állategészségügyi ismeretek lótartók számára*. Gyomaendrőd: Magánkiadás ISBN: 9789360835121

Higgins, G. (2012): *Horse Anatomy for Performance*. Exeter: David & Charles

Higgins, G. (2016): *Posture and Performance: Principles of Training Horses from the Anatomical Perspective*. Richmond Hill: Kenilworth Press

Heipertz-Hengst, C. (2002): Equine Sport with Feeling and Know How. A guideline for health check- ups, exertion control and controlled training. *Polar Electro Europe BV*. Fleurier Branch, Fleurier, Switzerland. 26-46.

Hinchcliff, K.; Geor, R. and Kaneps, A. (2008): *Equine exercise physiology – The Science of Exercise in the Athletic Horse*. Philadelphia: W.B. Saunders Company

Husvéth F. (szerk) (2000): *A gazdasági állatok élettana az anatómia alapjaival*. Budapest: Mezőgazda Kiadó

Kingston, J.K.; Soppet, G.; Rogers, C. and Firth, E. (2006): Use of positioning and heart rate monitoring system to assess training load in a group of thoroughbred racehorses. *Equine Vet. J. Suppl.*, 36(36), 106- 109. 10.1111/j.2042-3306.2006.tb05523.x

Li, N., Ho, C. P., Xue, J., Lim, L. W., Chen, G., Fu, Y. H. and Lee, L. (2022): A Progress Review on Solid-State LiDAR and Nanophotonics-Based LiDAR Sensors. *Laser Photonics Rev* 16, 2100511. <https://doi.org/10.1002/lpor.202100511>

McCutcheon L. J. and Geor, J. (2000): Influence of training on sweating responses during submaximal exercise in horses. *J. Appl. Physiol.* (89):2463- 2471.

Munoz, A.; Riber, C. and Castejon, F.M. (1999): Cardiovascular and metabolic adaptations in horses competing in cross-country. *J. Vet. Med. Sci.* 61(1):13-20. doi: 10.1292/jvms.61.13.

Novotniné Dr. Dankó Gabriella (szerk.) (2020): *Állatélettan*. [Elektronikus kiadvány] Debrecen: Debreceni Egyetemi Kiadó. Letöltés dátuma: 2022. 06. 04. Forrás: Állatélettan (e-könyv) – Debreceni Egyetemi Kiadó (unideb.hu)

Nyerges-Bohák Zs., Hamar E., Póti P., Kovács L. (2022): Galopplovak edzésének alapismeretei - Irodalmi összefoglaló. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 144(11)

Nyerges-Bohák Zs. (2017): *A stressz hatása a versenylovak teljesítményére nyugalmi állapotban és terhelés során*. [PhD értekezés] Budapest: Állatorvostudományi Doktori Iskola

Parks, C.M. and Manohar, M. (1983): Distribution of blood flow during moderate and strenuous exercise in ponies (*Equus caballus*). *Am. J. Vet. Res.* (44):1861- 1866.

Popp J.;Erdei E.; Oláh J. (2018): Outlook of precision farming in Hungary. *International Journal of Engineering and Management Sciences*, 3(1), 133-147 <https://doi.org/10.21791/IJEMS.2018.1.15>

Reddy, S., Nandini, C. (2019): Early Detection of Estrus and Heat stress using IoAHT and Analytics in Indian Cattle to overcome Repeat-Breeding-Syndrome. *1st International Conference on Advanced Technologies in Intelligent Control, Environment, Computing & Communication Engineering (ICATIECE)*, Bangalore, India. pp. 220-224

Richard, E.; Fortier, G.; Pitel, P.; Dupuis, M.; Valette, J.; Art, T.; Denoix, J.; Lekeux, P. and Erck E. (2010): Sub-clinical diseases affecting performance in Standardbred trotters: diagnostic methods and predictive parameters. *Vet J.* 184(3), 282-9. doi: 10.1016/j.tvjl.2009.04.016.

Rudas P., Frenyó L. (1995): *Az állatorvosi élettan alapjai*. Budapest: Springer Hungarica

Singh, S. K., Pandey, R. S., Udmale, A. K., Chaudhary, S. S., and Chaudhary, A. (2021): *IoT-Based Data Analytics for the Healthcare Industry. Techniques and Applications*. Academic Press.

Smith, D., Lyle, S., Berry, A., Manning, N., Zaki, Z.M. and Neely, A. (2015): Internet of Animal Health Things (IoAHT). *Opportunities and Challenges*. Cambridge Service Alliance, University of Cambridge

Treiber, M., Hiendlmaier, P., Stumpfenhausen, J., Rupp, H., Heinz, B. (2020): Equestrian IoT -a review of sensor systems available for deployment on horses, stables and pastures and what stakeholders in Germany think about it. *2020 ASABE Annual International Virtual Meeting*, July 13-15, 2020

Tyler-McGowan CM, Golland LC, Evans DL, Hodgson DR, Rose RJ. (1999): Haematological and biochemical responses to training and overtraining. *Equine Vet J Suppl.* (30), 621-625. doi: 10.1111/j.2042-3306.1

Ütő D., Takács N., Vincze A., Szabó Cs., Hevesi Á. (2019) Száraz és mélyvizes futópadon végzett standardizált edzőmunka közben in situ mért laktátszint-változások összehasonlítása ugrólovakban. *Magyar Állatorvosok Lapja* 141(3), 331-339

Valberg, S., Haggendal, J. and Lindholm, A. (1993): Blood chemistry and skeletal muscle metabolic responses to exercise in horses with recurrent exertional rhabdomyolysis. *Equine Vet. J.*, 25(1), 17-22. doi: 10.1111/j.2042-3306.1993.tb02894.x.

Vincent, T.; Newton, J.; Deaton, C.; Franklin, S.; Biddick, T. and Marlin, D. (2006): Retrospective study of predictive variables for maximal heart rate (HRmax) in horses undergoing strenuous treadmill exercise. *Equine Vet. J. Suppl.* (36), 146- 152.

Zhao, H.; Wu, J.; Zhang, J.; Liu, J.; Zhao, P .and Han, S. (2016): A Study on Environmental Monitoring System Based on Internet of Animal Husbandry Things. *3rd International Conference on Materials Engineering, Manufacturing Technology and Control*

www.smarthalter.com Letöltés dátuma: 2021. 10. 27.

www.pannonlogogyasz.hu Letöltés dátuma: 2022. 04. 05.

www.equisense.com Letöltés dátuma: 2021. 10. 27.

www.horseillustrated.com Letöltés dátuma: 2021. 10. 27.

Ábrák és táblázatok jegyzéke

1. ábra:	Ló pulzus adatainak rögzítése IoAHT technológiával	10. oldal
2. ábra:	A ló hátának Lidar szkennelrel rögzített modellje	11. oldal
3. ábra:	A ló anatómiai felépítése	12. oldal
4. ábra:	A ló gerincoszlopa szakaszokra bontva	13. oldal
5. ábra:	A ló csontos vázának és idegrendszerének sematikus ábrázolása	14. oldal
6. ábra:	A ló néhány fontosabb izomcsoportja	15. oldal
7. ábra:	LabQuest központi egység az adatok rögzítésére	22. oldal
8. ábra:	EKG szenzor által rögzített mérés	24. oldal
9. ábra:	Polár pulzusmérő szenzor	25. oldal
10. ábra:	A légzést detektáló szenzor	27. oldal
11. ábra:	Testhő és izzadás mérésére szolgáló szenzor	28. oldal
12. ábra	A szenzorcsoporthoz, felhelyezve a futószárazáshoz	29. oldal
13. ábra	Az első mérés	30. oldal
14. ábra	40 perces idomító edzés pulzusértékei, percenkénti bontásban	36. oldal
15. ábra:	Pulzusértékek tereplovaglás alatt, Freddy Mercury	37. oldal
16. ábra:	Pulzusértékek ugróedzés alatt, Carlos	37. oldal
17. ábra:	Freddy Mercury és Intensia edzés alatt mért pulzusértékeinek összehasonlítása	38. oldal
18.a-c. ábra:	Futószáraz edzés pulzus, légzés, testfelszín hő és izzadás adatai	39. oldal
19. ábra:	SmartHorse logo	50. oldal
1. táblázat:	Lovak élettani alapértékei	19. oldal
2. táblázat	Pulzusértékek változásai az egyes, vizsgálatba bevont lovaknál, futószáraz és nyereg alatt/kocsiban végzett edzésnél	34. oldal

FÜGGELÉK

NYILATKOZAT

Dobos Áron (hallgató Neptun azonosítója: C2PVWZ) 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.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: 2024 év április hó 21. nap


belső konzulens

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Dobos Áron
A hallgató Neptun kódja: C2PVWZ
A dolgozat címe: Lovak élettani paramétereinek monitorozása saját fejlesztésű SmartHorse technológiával
A megjelenés éve: 2024.
A konzulens intézetének neve: Állattenyésztés Tudományok Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Állatnemesítés 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 állítottam, 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 tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

Kelt: 2024. április 21.



Hallgató aláírása