

Doktori (PhD) értekezés

Kis Judit

Keszthely
2025.



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Innovatív genomikai- és élettani kutatások az angol telivér állomány
versenyteljesítményének fokozása érdekében

Kis Judit

Keszthely
2025.

A doktori iskola

megnevezése: Festetics Doktori Iskola (FDI)

tudományága: Állattenyésztési tudomány

vezetője: Dr. Anda Angéla, DSc
egyetemi tanár
MATE, Georgikon Campus
Növénytermesztés-tudományok Intézet, Agronómia Tanszék

Témavezetők: Dr. Husvéth Ferenc
professor emeritus, az MTA doktora
MATE, Georgikon Campus
Élettani és Takarmányozástani Intézet,
Takarmányozástani és Takarmányozás-élettani Tanszék

Dr. Anton István
professor emeritus, az MTA doktora
MATE, Georgikon Campus
Festetics Imre Bioinformációs Központ

.....
Az iskolavezető jóváhagyása
Dr. Anda Angéla, MTA doktora

.....
A témavezető jóváhagyása
Dr. Husvéth Ferenc, MTA doktora

.....
A társtémavezető jóváhagyása
Dr. Anton István, MTA doktora

TARTALOMJEGYZÉK

JELÖLÉSEK, RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE, SZAKKIFEJEZÉSEK MAGYARÁZATA	6
1. BEVEZETÉS	9
2. CÉLKITŰZÉSEK	12
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	13
3.1. Származás és fejlődéstörténet	13
3.2. Domesztikáció és elterjedés	13
3.3. A fajtatista tenyésztés hajnala, az angol telivér térhódítása	14
3.4. A lóspont kialakulása.....	16
3.5. Örökölhetőség, teljesítmény, predikció.....	18
3.6. Az angol telivér törzskönyvi regisztrációja.....	20
3.7. Az angol telivér értékmérői.....	21
3.7.1. Erő (Strength).....	21
3.7.2. Állóképesség (Stamina).....	22
3.7.3. Gyorsaság (Speed)	22
3.7.4. Testfelépítés, konstitúció (Conformation, constitution)	22
3.7.5. Vérmérséklet, személyiség (Temperament, personality)	23
3.7.6. Koraérés	23
3.7.7. Termékenyítőképesség, termékenység, ivari koraérés	24
3.8. Versenyteljesítményt befolyásoló tényezők	24
3.8.1. Versenytáv	24
3.8.2. Pályakondíció, futófelület	25
3.8.3. Zsoké és tréner hatása	26
3.8.4. Ivar	26
3.8.5. Versenytársak és teher.....	26
3.9. Miosztatin vizsgálatok	27
3.10. Ultrahang vizsgálatok	29
3.11. Szőrforgó vizsgálatok	30
3.12. Az intervallum tréning galopplovaknál.....	32
4. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	34
4.1. Miosztatin vizsgálatok	34
4.2. Ultrahangos vizsgálatok.....	36
4.3. Szőrforgók vizsgálata.....	38
4.4. In vivo karámteszt.....	39
4.5. Temperamentum kérdőív	40
4.6. Statisztikai analízis.....	41
4.6.1. Miosztatin vizsgálatok statisztikai értékelése.....	41
4.6.2. Ultrahangos vizsgálatok statisztikai értékelése	42
4.6.3. Szőrforgóvizsgálatok statisztikai értékelése.....	42
4.6.4. In vivo karámteszt statisztikai értékelése	43
4.6.5. Temperamentum kérdőív statisztikai értékelése.....	43
4.7. Tréning módszer tesztelés (Pilot study)	44

4.7.1.	259 – Copadelmundo (Mustajeeb (GB) – Calibrate (GB))	45
4.7.2.	257 – Next Page (Epaulette (AUS) – Next Door (IRE))	45
4.7.3.	258 Szigliget (Mehmas (IRE) – Seinelanima (IRE))	46
5.	EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK.....	47
5.1.	Miosztatin vizsgálatok	47
5.1.1.	Hatásvizsgálat	48
5.2.	Ultraszhang vizsgálatok	49
5.3.	Szörforgók vizsgálata.....	52
5.4.	Karámteszt	54
5.5.	Temperamentum vizsgálat	55
5.6.	Tréningmódszer-kísérlet	57
6.	KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	61
7.	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	63
8.	ÖSSZEFOGLALÁS.....	65
9.	SUMMARY	68
10.	MELLÉKLETEK.....	71
10.1.	IRODALOMJEGYZÉK.....	71
10.2.	TOVÁBBI MELLÉKLETEK	80
10.2.1.	PUBLIKÁCIÓK.....	80
11.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	87

JELÖLÉSEK, RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE, SZAKKIFEJEZÉSEK MAGYARÁZATA

A: Adenin

ADVd: Az aorta átmérője diasztolében a billentyűk szintjén

ADVs: Az aorta átmérője szisztolében a billentyűk szintjén

Allél: Alternatív gén- vagy szekvenciaváltozat a kromoszóma adott helyén

ASDd: Az aorta átmérője diasztolében a Valsalva-öböl szintjén

ASDs: Az aorta átmérője szisztolében a Valsalva-öböl szintjén

ASJd: Az aorta átmérője diasztolében a sinotubularis junctio szintjén

ASJs: Az aorta átmérője szisztolében a sinotubularis junctio szintjén

ATP: adenzin-5'-trifoszfát, olyan többfunkciós nukleotid, mely a sejten belüli energiaátvitel legkisebb molekuláris egysége

Bp: Bázispár

BRD: Best Race Distance, legjobb versenytáv

C: Citozin

Center of Distribution (CD): Egy numerikus érték, amely a dosage profile és a dosage index mellett egy angol telivér várható, örökölt képességeinek elemzésére szolgál. A CD azt mutatja meg, hogy a ló képessége várhatóan a gyorsaság (sprint) vagy az állóképesség (hosszútáv) irányába tolódik el (származása alapján).

CW: Conditioning work – kondicionáló, felkészítő szakasz a tréningben

DNS: Deoxiribonukleinsav

ECA11: Equine Chromosome 11 – 11. kromoszóma a lóban

ECA18: Equine Chromosome 18 – 18. kromoszóma a lóban

Dosage index (DI): Angol telivér versenylovaknál alkalmazott genetikai mutató, amely a ló várható örökölt gyorsaságát és állóképességét próbálja számszerűsíteni. Az érték kiszámítása a ló felmenőinek vérvonalában található tenyészmének (chef-de-race) genetikai hatása alapján történik. A DI a dosage profile (DP) alapján kerül kiszámításra, képlete:

$$DI = \frac{(\text{Brilliant} + \text{Intermediate}) + 0.5 \times \text{Classic}}{(\text{Solid} + \text{Professional}) + 0.5 \times \text{Classic}}$$

Dosage Profile: Numerikus értékekből álló sorozat, amely egy angol telivér feltételezett genetikai hátterét írja le a chefs-de-race alapján. A DP mutatja meg, hogy a ló felmenői között milyen arányban szerepelnek különböző távokra specializálódott ősök.

Fenotípus: Az egyed külső vagy mérhető tulajdonságai, illetve tulajdonságainak összessége

G: Guanin

Genotípus: Az egyed egy, vagy több DNS lókuszán meghatározott marker típusa, hossza vagy az ott elhelyezkedő nukleotidok megnevezése

GHP: Generálhendikep-szám – A generálhendikep egy számérték, amely egy adott ló korábbi teljesítménye alapján kerül meghatározásra (teljesítményszám).

Group/ Graded versenyek: A lovak minőségén és az összdíjazáson alapuló kiemelt versenyek csoportja. Az USA és Kanada a Graded-, míg Európa, Ausztrália vagy Ázsia a Group rendszert alkalmazza. A Gr./Gd.1.-, 2.-, és 3. besorolású (pl. a Gr.1. és a Gd.1. egyenértékű) versenyek – presztízsérték, megnyerhető pénzösszeg és a versenyben résztvevő lovak képessége alapján csökkenő sorrendben – a legnehezebb kategóriájú versenyeknek számítanak.

H² érték: A genetikai diverzitás és öröklődési mintázatok mérésére használt fogalom. Kifejezi, hogy a genotípus milyen mértékben felelős a fenotípusos különbségekért.

Homogámia: Olyan reprodukciós folyamat, amely során a szülők hasonló genotípusú vagy fenotípusú egyedek. Ez a jelenség segíti a genetikai hasonlóság fenntartását a populáción belül.

IT: Interval training – intervallum(os) edzés

IVSd: Az interventricularis septum diasztolében

IVSs: Az interventricularis septum szisztolében

Kb: Kilobázis

LADd: Bal pitvari átmérő diasztolé végén

LADs: Bal pitvari átmérő szisztolé végén

LDH: Laktát-dehidrogenáz (vérben mérhető tejsavszint)

LD: Linkage disequilibrium

Lókusz: A DNS lánc egyedi, azonosítható helye

LV: A szív bal kamrája

LVDd: A bal kamra átmérője diasztolében

LVDs: A bal kamra átmérője szisztolében

LVFWd: A bal kamra szabad falvastagsága diasztolében

LVFWs: A bal kamra szabad falvastagsága szisztolében

MAS: Marker Assisted Selection – marker alapú szelekció

mtDNS: Mitokondriális DNS

Nukleotid: DNS-t felépítő egység, molekula

PC: Pre-conditioning – előkészítő, alapozó munka a tréning során

PCR: Polymerase Chain Reaction – polimeráz láncreakció

PRE: Pura Raza Española (lófajta)

RFLP: Restriction Fragment Length Polymorphism – restrikciós fragmenthossz-polimorfizmus

RP: Racing period – az aktív versenyszezon időszaka

RVD: Jobb kamra átmérője diasztolében

SNP: Single Nucleotide Polymorphism – egy pontos nukleotid-polimorfizmus

QTL: Quantitative Trait Locus – kvantitatív tulajdonság lókusza

T: Timin

Timeform: Numerikus osztályozási rendszer, mely az angol telivérek teljesítményét 0-140-ig terjedő skálán pontozza. Az egyik legelismertebb értékelési módszer a világon.

VNTR: Variable Number Tandem Repeats, változó számú tandemismétlődés

VO_{2max}: Maximális oxigénfelvételi képesség

1. BEVEZETÉS

Napjainkban a lovak különleges helyet foglalnak el a modern társadalomban. Sok évszázadon keresztül tradicionális és történelmi szerepük jelentős volt a harcászat-, földművelés-, szállítás-és szállítmányozás területén. A XX. század második felétől szerepük átalakult, sportcélú, illetve rekreációs alkalmazásuk került előtérbe. Az így kialakult új keretrendszer egyedülálló helyzetbe hozta a lóversenyipart, mely az ágazat szereplői számára gazdasági előnnyel járt. A lósportnak a nagy közönség szórakoztatása mellett a fogadásokon keresztül nemzetgazdasági szerepe is jelentős lett. A világ 71 országában jelenlévő sportág évente 3,3 milliárd eurós megnyerhető pénzdíjat garantál évente. A főbb versenynemzeteknél meghatározó szerepe van a lóversenyfogadásoknak (Japánban az egyetlen engedélyezett szerencsejátékforma) és világszinten 115 billió dollár éves bevétel kapcsolódik a fogadásokhoz. Az utóbbi években hazánkban is a szerencsejáték-fogadási paletta része lett a lóversenyfogadás a Kincsem+ és Kincsem+ Tuti révén, melyet a francia Quinté+ formájára alkottak. A 2017-től elérhető fogadási forma nem az első, hazai lóversenyzés fejlesztését célzó program volt: a versenyszervező (Kincsem Nemzeti Kft.) és tenyésztőszervezet (Magyarországi Galopp Versenylo Tenyésztők Egyesülete) szintén nagy erőfeszítéseket tettek a sport népszerűsítése és a tenyésztők megsegítése érdekében.

A lóverseny világában a trénerek, zsokék és tulajdonosok bevételeire nagy hatással van a fogadási forgalom és a versenyek népszerűsége, így a lósport gazdasági állapota szempontjából kritikus a magas színvonal megteremtése és megtartása, izgalmas futamok szervezése és ezen keresztül a magas bevételek biztosítása. A fogadási forgalom és a bevételek meghatározó része nagyban függ a versenyek számától, azok minőségétől és a futamokban résztvevők számától. Ezen feltételek megvalósulását a versenyző populáció relatív nagysága, annak minősége és az utánpótlás biztosítja.

Az utóbbi időkben nagy hangsúlyt kaptak az állatjóléti szempontok és a versenykarrier utáni élet is. A megfelelő minőségű és konstitúciójú versenylovak előállításában elengedhetetlen szerepe van az állattenyésztési- és az állattenyésztési genetika tudományágaknak, hiszen a megfelelő szervezeti szilárdságú angol telivérek hosszú hasznos élettartammal rendelkeznek és ellenállóbbak a környezeti hatásokkal szemben. A versenyérett lovaknál a felkészülési (tréning) szakasz és a regenerálódási időszak is nagyban függ az egyedek szervezeti sajátosságaitól, a lovak életkorától, a terhelés formájától (gát-, akadály- vagy síkverseny) és a versenyek nehézségétől (kiemelt, fokozott terhelésű verseny, talajkondíciók, időjárási viszonyok). A fentiekből kifolyólag a modern lóversenyipar egyik legnagyobb kihívása a gazdasági megtérülés és a biológiai korlátok közötti egyensúly megteremtése a genetikai lehetőségek maximális kiaknázása mellett.

A galoppversenyzésre tenyésztett angol telivért acélos, izmos testalkatú, kiemelkedő sebességű fajtaként tartják számon, mely számos más lófajta kialakításánál és nemesítésénél is fontos szerepet játszott. A fajta kialakulásának hajnalán a pedigrespecialisták (törzskönyvelemző szakemberek) szakértelme alapvető szerepet játszott a tenyésztésben. Ezen szakemberek nem csak fenotípusosan analizálták az egyedeket, de a törzskönyvadatok alapján ők állították össze a legígéretesebb párosításokat a fajta szelekciós fókuszának figyelembevételével, mely akkor szinte kizárólag a gyorsaságot jelentette.

A modern lósport hagyománya közel 400 évre nyúlik vissza, az angol telivérek tenyésztése során alkalmazott konzervatív szemlélet pedig ezalatt nem igazán változott. A modern időkben az egyre bővülő etológiai és genetikai ismeretek, illetve a biotechnológiai innovációk forradalmasíthatják a tenyésztési folyamatokat. Molekuláris genetikai elemzések révén és a szelekciós hatékonyság növelésén keresztül javíthatók a genetikai képességek, pontosabban azonosíthatók a teljesítményt befolyásoló nagy hatású gének és a biotechnológiai eszközök alkalmazása lehetőséget adhat a biológiai korlátok kitolására, új szintre emelve a tenyésztési programokat és a versenyzés potenciálját. A genetikai vizsgálatok segítségével meghatározhatjuk például, hogy az adott egyed hordoz-e egy keresett tulajdonságot vagy allélt.

A lógenomot először 2009-ben szekvenálták, ahol a projekt részeként egy angol telivér kanca, Twilight DNS-ét használták fel a teljes genom meghatározásához. Ezen kutatás lehetőséget adott a lovak genetikai hátterének alapos tanulmányozására és megértésére, ami fontos eredményeket hozott a lótenyésztés, az állatorvosi genetika, és az evolúciós biológia területén is.

A QTL (Quantitative Trait Locus) egy olyan specifikus régió a genomban, amely egy adott mennyiségi jellegre (például magasság, testsúly, izmoltság) van hatással. A mennyiségi jellegek több gén által befolyásolt tulajdonságok, amelyek számszerűen mérhetők, és nem egyetlen gén, hanem több gén együtműködésének eredményeként jelennek meg. A QTL-ek azonosítása lehetővé teszi a kutatók számára, hogy meghatározzák, mely genomi régiók befolyásolják ezeket a jellegeket, és azok hogyan kapcsolódnak a genetikai variációkhoz, genetikai mutációkhoz. Ez különösen fontos az állattenyésztésben, mert a mutációkat hordozó gének azonosításával lehetővé válik a marker alapú szelekció (MAS), így elérhetővé téve a pontosabb, gyorsabb tenyésztési programok életre hívását, a generációs intervallum csökkentését.

Az angol telivérek genomjában fontos QTL-ek azok a genomi régiók, amelyek jelentős hatással vannak a versenyteljesítményre és a teljesítménnyel kapcsolatban álló tulajdonságokra, például a gyorsaságra, acélosságra vagy állóképességre. Ilyen specifikus lókusz a 2000-es években azonosított ECA18 (Equine Chromosome 18) genomi régió, melynek része a miosztatin (MSTN) gén is, ami a vázizomzat negatív regulációján keresztül hat az egyed számára optimális versenytávra és a gyorsaságra. A MSTN gén polimorfizmusainak feltárásán keresztül már a

tréningbe kerülés előtt meghatározható, hogy az egyed rövid-, közép- vagy hosszútávon lehet a leginkább sikeres a jövőben. Az állományszintű genotípus-frekvencia meghatározása mindamellett forradalmasíthatja vagy kiegészítheti a hagyományos, pedigré alapú párosítást.

A molekuláris genetikai módszerek közül az SNP (Single Nucleotide Polymorphism) kutatások alapvető jelentőséggel bírnak az angol telivérek tenyésztési programjaiban és a genomalapú szelekcióban, mivel azonosítják a nukleotid szintű genetikai variációkat. Az SNP markerek használata javítja a marker-alapú szelekció hatékonyságát, elősegíti a genetikai rendellenességek korai diagnosztizálását.

Munkám során nem csak arra kerestem a választ, hogy mely teljesítményt befolyásoló gének alkalmasak az angol telivérek esetében a marker alapú szelekció megvalósítására, hanem arra is, hogy ezen gének mekkora hatással vannak az egyed sikerességére, milyen mértékben hatnak a fenotípusra és segítségükkel forradalmasíthatók-e a többszázéves tenyésztési protokollok, szokások. A lovak esetében az unipara jelleg és a hosszú generációs intervallum nem csak esedékessé, de indokolttá is teszi az ilyen jellegű kutatásokat, az eredményeknek pedig hosszútávon nem csak a tenyésztés, de a futtatás során is hasznát veheti a lóversenyipar. A genetikai vizsgálatokon túl célom volt továbbá egy egyedre szabott tréningmódszer kidolgozása és tesztelése is. Ennek eredményessége megalapozhatja a továbbiakban egy olyan komplex rendszer kiépítését is, ahol a tenyésztés és tréning egy szorosan összefonódó rendszerben segíti a fajta genetikai előrehaladását és még inkább bekapcsolhatja hazánkat a nemzetközi vérkeringésbe.

2. CÉLKITŰZÉSEK

Doktori disszertációm célja, hogy a modern lóversenyipar genetikai, tenyésztési és tréningelméleti kihívásainak komplex vizsgálatával hozzájáruljak a versenylovak teljesítményének javításához és az iparág fenntarthatóságához. A kutatásom főbb célkitűzései a következők voltak:

- I. Fő célom volt, hogy angol telivérek esetében vizsgáljam a miosztatin (MSTN) gént, amely kulcsszerepet játszik a versenytávra való alkalmasság- és a környezetre adott válaszreakciók kialakításában.
- II. További célom volt egy olyan marker-alapú szelekció (MAS) kidolgozása, mely lehetővé teszi a hagyományos tenyésztési stratégiák hatékonyságának növelését, így csökkentve a generációs intervallumot és javítva a fenotípusos teljesítményt.
- III. Célkitűzéseim között szerepelt egy olyan egyedre szabott tréningmódszer fejlesztése, mely figyelembe veszi a galopplovak genetikai háttérét és fizikai adottságait. E módszer tesztelése és finomítása révén lehetőség nyílik a lovak versenyteljesítményének növelésére és a verseny előtti felkészülés hatékonyságának javítására.
- IV. Célom volt a fenotípusos jellemzők feltérképezésén keresztül az egyedek temperamentumbeli különbségeinek és fiziológiai mintázatainak azonosítása, különös tekintettel a motoros-és agyi laterálisra és ezek teljesítményre gyakorolt hatásának feltárására.

A fenti célkitűzések megvalósítása révén reményeim szerint hozzájárulok a lóversenyipar korszerűsítéséhez és jövőjének formáláshoz, a genetikai fejlődés elősegítéséhez, valamint a versenylovak versenyteljesítményének és jólétének növeléséhez. A kutatásom eredményei nemcsak a tudományos közösség számára nyújthatnak értékes információkat, hanem szélesebb körű alkalmazásuk révén a lóversenyipar szereplői számára a gyakorlatban is hasznosíthatók lehetnek.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. Származás és fejlődéstörténet

A ló (*Equus caballus*) fejlődése mintegy 65 millió évvel ezelőtt kezdődött, evolúciója és háziasítása az emlősök történetének egyik legjobban dokumentált folyamata, amely során a korai, kistermetű, erdőlakó ősoktól a mai, nagytetű, sztyeppelakó állatokig fejlődtek. A lófélék (*Equidae*) családjának története mintegy 55 millió évvel ezelőtt kezdődött az *Eohippus* nemzetséggel, amely róka méretű állat volt, mocsaras, erdős területeken élt (American Museum of Natural History, 2008). A ló domesztikációja jelentős hatással volt az emberi civilizáció fejlődésére is. A legújabb archeogenomikai kutatások szerint a háziló őse (*Equus simplicidens*) a nyugat-eurázsiai sztyeppékről származik, különösen az alsó Volga-Don régióból (Librado et al., 2021). A ma ismert lovak kialakulása a véletlenszerű genetikai változások, a természetes szelekció és a folyamatos fenotípusos alterációk eredményeként történt (Bowling & Ruvinsky, 2000). Az evolúció során a faj számára kiemelkedően fontos adaptációként fejlődött ki a hosszú ideig (akár 23 órán keresztül) történő állás képessége, amelynek eredete a fossziliák elemzése alapján a középső miocén időszakra (18–12 millió évvel ezelőttre) vezethető vissza (Hermanson & Macfadden, 1996). A domesztikáció a jelentős előnyök mellett (biztosított élelemforrás, menedék a ragadozók elől) számos hátrányt is hordozott, mellyel a fajnak meg kellett birkóznia, ilyen például a korlátozott mozgáslehetőség és szociális interakció, illetve a reprodukciós sikeresség csökkenése (tenyészkiválasztás). Míg az állatok viselkedése kis mértékben változott a vadon élő társaikhoz képest, a háziastásból fakadó frusztrációjuk nőtt (Goodwin, 2007).

3.2. Domesztikáció és elterjedés

Az Észak-Amerikából származó pleisztocén lófajok (beleértve az *Equus ferus* is) a Bering-földhídon keresztül érkeztek Eurázsia területére és terjedtek el világszerte (Warmuth et al. 2012). A tudomány jelen állása szerint a lovak domesztikációja a mai Ukrajna (Dereivka) és Északnyugat-Kazahsztán területén (Botai) kezdődött az eneolitikumban. A paleopatológiai leletek ebből az időből elváltozást mutattak a lovak caudalis hátcsigolyáiban (*caudal thoracic vertebrae*), melyet a lovaglás miatti modifikációnak tulajdonítanak (Mills & McDonnell, 2005).

A lovak háziasításuk során leginkább az erő, hadászat, kereskedelem és a vagyon kifejezésének eszközeként voltak jelen a történelemben, azonban a közelmúltban a sport-és rekreációs célú hasznosításuk került előtérbe (Outram et al. 2009, Thiruvankadan et al. 2009). A modern házilovakhoz vezető legkorábbi archeogenomikai nyomokat Botai-tól jóval nyugatabbra,

Magyarországon feltárt csontmaradványokban találták, melyek a C-14 szénizotópos (radiokarbonos) kormeghatározás szerint mintegy 4100 évvel ezelőttre nyúlnak vissza.

Az elmúlt néhány évszázadban a törzskönyvezés bevezetése és az egyes vérvonalak túlzott befolyása jelentősen csökkentette a modern lovak genetikai potenciálját. A zárt tenyésztésből származó genetikai erózió következményeként a fitneszt negatívan befolyásoló variánsok gyakoribb előfordulása populációs szinten csökkentette a genomális egészséget. Ezen események szorgalmazzák a genetikailag megalapozott, precíziós tenyésztési programok kidolgozását az életképesség és az állatjólét (*animal welfare*) megőrzésének érdekében (Orlando, 2019).

Történelmi távlatban a lovak egyéni teljesítményének és tenyészértékének megítélése gyakran pontatlan és szubjektív indexelési módszerekre épült. Ezeket a módszereket jelentősen befolyásolták a kollektív tenyésztői közösségek éppen aktuális, relatív és sokszor divatszerű felfogásai. A versenyfajták tenyésztése mögött kezdetben egy intuitív elképzelés állt, mely a lovak gyorsaságára és ösztönszerű versenyzésére alapult, illetve arra, hogy ez a képesség bizonyos mértékben genetikai tényezők által meghatározott. Később tudományos vizsgálatok és a specializált versenyfajták kialakulása megerősítették ennek a hipotézisnek a helytállóságát. Ezen fajták tenyésztése során a sebesség és az állóképesség lett az egyik legfontosabb szelekciós szempont, amelyeket részletes megfigyelésekkel és eredményalapú értékelésekkel támasztottak alá. A modern tenyésztési gyakorlat már kifinomult genetikai elemzéseket alkalmaz, amelyek lehetővé teszik az öröklődő tulajdonságok pontosabb nyomon követését, így a tenyészérték meghatározása is sokkal megbízhatóbbá vált. Ez a fejlődés alapjaiban változtatta meg a lovak tenyésztési stratégiáit, különösen a versenysportokhoz igazodó célzott tenyésztés esetében (Hintz, 1980).

3.3. A fajtatiszta tenyésztés hajnala, az angol telivér térhódítása

A „javítás” fogalma a kezdetektől foglalkoztatta a tenyésztőket, a kifejezést már 1753-ban használták Buffon *Histoire Naturelle*-jében megjelent cikkekben. Az erős korabeli kreacionista dogmák ellenére a cikkek előrevetítettek azon evolucionista eszméket, miszerint a földrajzi hely, éghajlat vagy más környezeti hatások a fajta degenerációjához, hanyatlásához vezethetnek. Ezen gondolatok nagy támogatója volt Bourgelat, a francia állatorvoslás alapítója, aki szorgalmazta a nemzeti méneseinkben az ideológia gyakorlati alkalmazását. Az első szakemberek között javasolta, hogy a kancák tulajdonságaival komplementer mént alkalmazzanak a tenyésztésben, így ellensúlyozva az egyed gyengeségeit. Csupán később, a darwini evolúciós gondolkodás kezdetével vezették be a szelekciós tenyésztés fogalmát, majd a keresztezések helyett előtérbe került a fajtatiszta tenyésztés gondolata. Az angol telivér fajta kialakításánál szilárdult meg az elképzelés,

hogy bizonyos fajtákat inkább teljesítményre, mintsem megjelenésre, küllemre érdemes tenyészteni.

Ezt követően az angol telivérek tenyésztésében a fajtatizta tenyésztési eljárás fokozatosan túlsúlyba került a keresztezéssel szemben. Ekkor már rögzítették a lovak versenyadatait, és olyan küllemi jegyeiket, melyek az egyedek azonosítására szolgáltak. Ezen fontos információk regisztereként hozták létre a méneskönyveket, ahol nem csak az egyedek, hanem leszármazottaik, rokonaik rekordjait is rögzítették, és ez megnyitotta az utat a genealógiai szelekció és utódvizsgálat előtt (Langlois, 1996).

A világ legértékesebb lófajtájaként számontartott angol telivért már évszázadok óta használják versenyzési célokra. A XVIII. században kialakult fajta ma élő összes egyede három ősménre – Godolphin Arabian, Darley Arabian, Byerly Turk –, valamint a II. Károly (1660–1685) uralkodása alatt importált 74 brit őshonos (galloway) –és néhány import kancára (royal mares) vezethető vissza, melyeket 1791-ben vezettek fel a James Weatherby által alapított angol telivér méneskönyvbe, a *General Stud Book*-ba (Bower et al. 2012). A negyedik alapító mén, Curwen's Bay Barb nagy hatással volt a fajta kialakulására, azonban vérvonala mára kihalt. A 74 alapító kanca közül csupán 50 családja maradt fenn. Bár a hagyományos nézetek szerint az alapítómének mind arab származásúak voltak, későbbi kutatások kimutatták, hogy valójában csak a Darley Arabian volt arab háttérű (McBane, 2008). Molekuláris genetikai vizsgálatok révén sikerült nyomon követni a telivérek Y kromoszómájának haplocsoportjait, egészen Whalebone-ig (1807), aki a Darley Arabian angliai leszármazottja volt (Wallner et al., 2013).



1. kép: Darley Arabian, a ma élő telivérek 95%-nak alapítóménje ([http1](http://www.darleyarabian.com/))

Ezek az eredmények azt mutatták, hogy a ma élő angol telivérek döntő többsége (95%) a Darley Arabian (1. kép) vérvonalából származik (Cunningham et al., 2001).

A fajta nagyjából 300 éves szelekciós történelme során a tenyésztési fókusz szinte kizárólag a gyorsaságon volt, így a ma élő egyedek fenotípusosan igen heterogének. A több fajta nemesítőjeként is szolgáló angol telivér atletikus fenotípusa lehetővé tette a gyors adaptálódást a korai, nagymértékű terheléshez. Ennek köszönhetően a korán érő egyedek már kétéves korukban, tavasszal készen állnak a versenyzésre (Vamplew & Kay 2005).

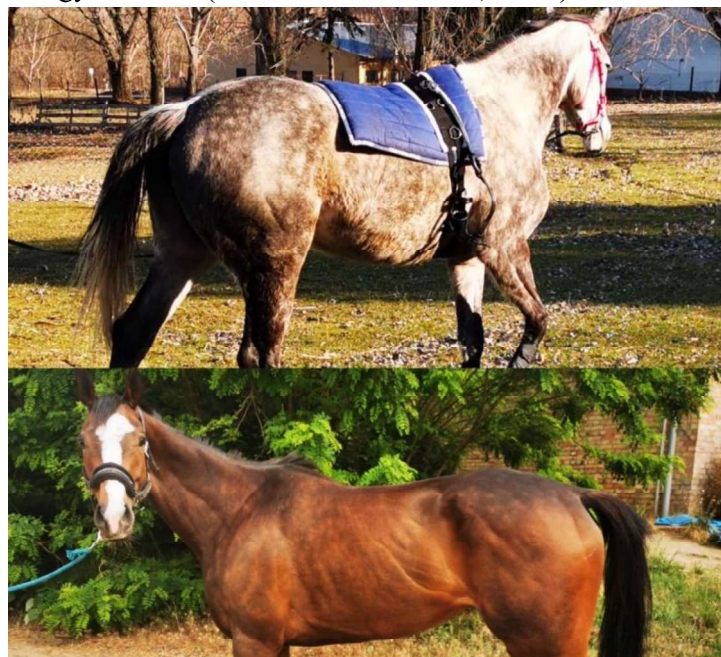
3.4. A lósport kialakulása

Az első lóversenyzési formák i.e. VII. században jelentek meg. Nem csak az ókori Görög és Római birodalomban, de Észak-Afrikában, a Közel-Keleten és Ázsia területén is népszerű szórakoztatási forma volt. Innen terjedtek azok a főként arab, török és berber lovak, amelyek később fajtaalapítókká váltak Európában. A lóversenyzés bölcsőjéül szolgáló középkori Angliában a kezdeti futamok az eladó lovak bemutatására szolgáltak: professzionális lovasok versenyeztek, hogy szemléltessék a lovak sebességét a vásárlók számára. Oroszlánszívű Richárd (1189–1199) uralkodása alatt ajánlották fel az első ismert versenydíjat. Később II. Károly megalkotta az első lóverseny szabályokat, megalapította Newmarket-et (a modern lóversenyzés egyik központja), majd elkezdtek „heat”-eket rendezni, melynek során az a ló került ki győztesen, amely két versenyt nyert egymás után (Britannica, 2024). Az ellipszis alakú pályákon rendezett versenyeken a belső starthely előnyt jelentett a külsővel szemben. A kiegyenlítés érdekében a startszámokat egy kalapból sorsolták ki, innen származik a hendikep (esélykiegyenlített) vagy „hand in cap” verseny fogalma (Hecker, 2011). Az idők során a kezdetleges 4 mérföldes (~6400 m) versenyek egyre rövidültek (~3200 m), majd a kétkörös „heat”-eket felváltották az egyfutamos „match”-ek. A versenyzés modern korszakának kezdetét az angol klasszikus versenyek megjelenésétől számítjuk: ezek a St. Leger 1776-ban, az Oaks 1779-ben és a Derby 1780-ban. Ezek a versenyek később kiegészültek a 2000 Guineas Stakes (1809) és az 1000 Guineas Stakes (1814) versenyekkel. A Hármaskorona (Triple Crown) csak azok a kiemelkedő képességű lovak nyerhették el, amelyek a rövid időn belül lefutott 3 klasszikus versenyt győztesként abszolválták: a 2000 Guineas-t (hazánkban Nemzeti Díj), a Derbyt és a St. Legert (Fehér, 1990). A Newmarketben 1750 körül alapított Jockey Club részletes versenyszabályokat dolgozott ki, amelyben különböző korú lovak számára alkottak versenyeket. A XIX. században a lóversenyzés, így a Jockey Clubok is világszinten elterjedtek, melyek döntő része az International Federation of Horseracing Authorities (IFHA) felügyelete alatt áll. Az IFHA táv szerint öt versenykategóriát határoz meg (a távolságot furlongban fejezik ki, 1 furlong kb. 200 m):

- Rövidtávú (sprint) 5 – 6,5 furlong (≤ 1300 m)
- Mérföldes (mile) 6,51 – 9,49 furlong ($\sim 1301\text{--}1900$ m)
- Közép-hosszútávú (intermediate) 9,5 – 10,5 furlong ($\sim 1901\text{--}2112$ m)
- Hosszútávú (long) 10,51 – 13,5 furlong ($\sim 2114\text{--}2716$ m)
- Extra hosszú távú (extended) $> 13,51$ furlong (≥ 2717 m)

Versenytípus szerint megkülönböztetünk továbbá sík –, gát –és akadályversenyeket. A síkversenyek további alkategóriákra oszthatók:

A tenyésztversenyek vagy korteherversenyek célja a lovak genetikai– és versenyértékének felmérése, különösen a jövőbeli tenyésztés szempontjából, ezért ezeket szigorú nevezési feltételekkel, meghatározott korosztályoknak (2-3 évesek) rendezik. A versenyek nyertesei és helyezettei jelentősen növelik tenyészértéküket. A black type versenyek – ideértve a Listed és a Group I, II, III (bizonyos országokban Graded) kategóriájú futamokat – a legszínvonalasabb, legmagasabb díjazású és presztízssű versenyek közé tartoznak, és céljuk a legkiválóbb telivérek teljesítményének elismerése. Az itt elért eredmények megjelennek a lovak pedigréjében (félkövér betűvel kiemelve a nevet – innen a black type elnevezés), kiemelve azok genetikai, piaci és tenyésztési értékét. Azonos korú, ivarú vagy hasonló képességű lovak gyakran versenyeznek egymással, ahol általában az életkor alapján határozzák meg a vitt terhet (korteherverseny). Az ivarok közötti esélyegyenlőség érdekében a kancák számára rendszerint engedményt biztosítanak. A korteherversenyekkel szemben a hendikep versenyekben a jobb teljesítményű és/vagy idősebb lovak előzetes eredményeik alapján pónalitást kapnak (penalty, súlybüntetés), míg a gyengébb képességű telivérek (vagy kedvezményes terhet vevő kancák) kisebb súllyal versenyeznek, így biztosítva az esélyek kiegyenlítését (Thiruvankadan et al., 2009).



2. kép: *Sprinter (felül) és flyer (alul) testfelépítés (saját fotó)*

A versenylovakat általában három fő kategóriába sorolják az optimális versenytávjuk szerint. Lehetnek rövidtávúak, azaz sprinterek (flyerek), középtávúak (milerek) vagy hosszútávúak (stayerek). A rövid-és hosszútávú egyedek testfelépítése közötti különbséget a 2. kép szemlélteti. Az egyed számára legmegfelelőbb versenytávot tradicionálisan a pedigréadatok és a felmenők eredményei alapján határozzák meg, mivel ezekből jól lehet következtetni a ló öröklött teljesítőképességére (Hill et al., 2019).

A telivérek életkorát mesterségesen meghatározott dátumok szerint számolják: az északi féltekén született lovak hivatalosan minden év január 1-jén válnak egy évvel idősebbé, míg a déli féltekén születettek életkorát július 1-jétől vagy augusztus 1-jétől számítják. Ezeket az egységes dátumokat annak érdekében vezették be, hogy a versenyek korcsoportos besorolása szabványosítható legyen (Wright, 1989). Tenyésztési szempontból kulcsfontosságú, hogy a kancák ellése a naptári év lehető legkorábbi időpontjára essen, így biztosítva a maximális fejlődési időszakot a tréningprogramok elkezdése és a versenyképesség eléréséhez szükséges fiziológiai érettség között. Langlois & Blouin (1997) kutatása alapján a sikkversenyekben való teljesítmény jelentős mértékben függött a születési hónaptól: az év elején született lovak szignifikánsan jobb eredményeket értek el, mint a később született egyedek. A születési hónap hatása az életkor előrehaladtával csökkent, ugyanakkor még a lovak pályafutásának későbbi szakaszaiban is statisztikai értelemben jelentős maradt.

3.5. Örökölhetség, teljesítmény, predikció

Az angol telivér fajtánál alkalmazott szelekciós intenzitás ellenére, az elmúlt évtizedekben nem javultak szignifikánsan a versenyelfutási idők (Hámori & Halász, 1959, Cunningham, 1975). Ennek ellenére a leggyakrabban alkalmazott szelekciós kritériumok úgy, mint a hendikepszám vagy életnyeremény általában magas heritabilitásúak ($0,3 < h^2 < 0,4$) (Hintz, 1980, Tolley et al., 1985). Ez látszólag paradox helyzetet idéz elő, hiszen a várható magas öröklődés és a heterózishatás nem manifesztálódik versenyelfutási idők tekintetében szignifikáns javulásban. A tapasztalt változékonyság így kisebb, mivel bizonyos genetikai hatások szisztematikusan kapcsolódnak egymáshoz a szelekciós párosítás gyakorlatában. Ez a jelenség az ún. homogámia, mely kapcsoltsági egyensúlyhiányt (linkage disequilibrium – LD) idéz elő. Az örökölhetség becslésének hagyományos módszereit tulajdonképpen ehhez a jelenséghez kellene korrigálni (Langlois, 1981), így a genetikai variabilitás nem egyszerűen az adott lókuszon található gének változékonyságából származna, hanem a kovarianciából eredően a gének egymás közötti kölcsönhatásaiból lenne levezethető. Mindemelllett a környezeti hatásokat is figyelembe kell venni,

mivel azok befolyással vannak az egyedek versenykarrierére, fenotípusára, és bizonyos esetekben a genotípus sem függetleníthető ezektől a tényezőktől (környezetre adott válaszreakciók).

A telivértenyésztés stratégiája kifejezetten a lovak sportteljesítményének, megjelenésének és testfelépítésének fejlesztésére irányult, miközben a tenyésztők kiemelt figyelmet fordítottak a maternális és paternális öröklődés jelentőségének megértésére is. A ménnek és a kancák közötti fő genetikai, öröklődési különbségek az Y kromoszómából –, valamint a mitokondriális, azaz mtDNS-ből erednek. Előbbi apai ágon öröklődik, utóbbi anyai ágon kerül továbbadásra. Az Y kromoszóma rövid, kevés gént tartalmaz és egyetlen tanulmány sem igazolta, hogy ezek a gének kapcsolatban állnának az atletikus teljesítménnyel (Trombetta et al. 2010). Az mtDNS 13 fehérjealegységet kódol, amelyek az elektrontranszport révén közvetlen hatással vannak az ATP előállításra. A mitokondriumok az ATP termelésének 95%-áért felelősek, melyek a mozgás és más biológiai és fiziológiai folyamatok közvetlen energiaforrásoként felelnek a szervezet működéséért (Das, 2006). Verseny közben például az energia 70–80%-át az aerob anyagcsere biztosítja, mely folyamat a mitokondriumokban zajlik (Hinchcliff et al., 2008). A VO_{2max} , azaz az aerob kapacitás maximuma a tréningben álló telivéreknél akár a 200 ml/kg/perc értéket is elérheti (Tozaki et al. 2011). Ennek alapján a maternális mtDNS valószínűleg meghatározó szerepet játszik a telivérek teljesítményének alakulásában (Ahmetov et al., 2016). Különböző mitokondriális fenotípusok már csikókorban jelen vannak és a tréningmunkák alatt fokozatosan változnak, ezzel jelentősen befolyásolva a versenylovak teljesítményét. A tenyésztési szelekció, az edzésprogramok és a takarmányozás mind hatással vannak ezekre a fenotípusokra, így optimalizálásukkal javítható az egyedek teljesítménye. Olyan modern technológiák, mint a nagy felbontású respirométer (oxigráf), mélyebb betekintést nyújtanak a mitokondriális alkalmazkodási folyamatokba, megkönnyítve teljesítménynövelő takarmányozási-és tréningstratégiák kialakítását (Latham et al., 2022).

Annak ellenére, hogy több tanulmány (Langlois, 1996, Lin et al., 2016; Latham et al., 2022, Sharman et al., 2022) szerint a kancákra alapozott tenyésztés előnyösebb, mint a ménekre alapozott párosítás, számos tenyésztő továbbra is az utóbbit preferálja. A maternális öröklítés jelentőségét vizsgálva Lin et al. (2016) arra a következtetésre jutott, hogy egy jó mén nem képes kompenzálni egy gyenge kanca öröklítő hatását, de egy jó kanca képes ellensúlyozni egy gyenge mén hatását. A kancák ellési életkora szintén jelentős hatással van a csikók atletikus teljesítményére ($P < 0,05$), míg az apaménnek életkora nem befolyásolja azt ($P > 0,05$). A kancák ellési életkorának növekedésével a csikók atletikus teljesítménye csökken; a 11 éves kor felett ellő állatok esetében, utódaik timeform értékelése átlagosan 27 pontszámmal kevesebb, mint a fiatalabb kancák leszármazottainak pontszáma (Barron, 1995, Scoggin, 2015).

A teljesítménybecslésre különböző fenotípusos mérőszámokat alkalmaznak, ezeket a 1. táblázat foglalja össze:

1. táblázat: Az angol telivéreknél leggyakrabban alkalmazott fenotípusos mérőszámok örökölhetősége

Fenotípusos mérőszám	h² érték
Legjobb versenytáv (BRD – Best Race Distance)	0,3-0,5
Versenylefutási idő	0,3-0,5
Győzelmi idő	0,4-0,6
Győzelmek száma	0,2-0,4
Helyezések száma	0,3-0,5
GHP (Generál Hendikep szám)	0,2-0,4
Egy futásra jutó nyeremény	0,2-0,4
Össznyeremény (életnyeremény)	0,4-0,5

A fentiekből látható, hogy ezen mérőszámok közepes és magas örökölhetőségűek (Thiruvankadan et al., 2009, Tozaki et al., 2010). Ezen felül a versenyzés során fontos aerob alkalmazkodás h² értéke 0,43 (Troxell et al., 2003).

3.6. Az angol telivér törzskönyvi regisztrációja

A telivérek törzskönyvi regisztrációjának feltételeit a Nemzetközi Lóversenyzési Szövetség (IFHA) szabályzata határozza meg. Ezek a következőket tartalmazzák:

I. Származás

- A ló mindkét szülője törzskönyvezett telivér kell, hogy legyen.
- A tenyésztési kritériumoknak az International Stud Book Criteria szabályai szerint kell teljesülnie.

II. Tenyésztési mód

- Kizárólag a természetes fedeztetés engedélyezett a fajtában. Mesterséges termékenyítés, embriótranszfer, klónozás vagy egyéb in vitro vagy asszisztált reprodukciós eljárások (ART) nem alkalmazhatók.

III. Származás igazolása

- A csikó DNS-profilját össze kell vetni a szülők DNS-ével, a származásigazolás érdekében. Az ellenőrzést a nemzetközi szabványoknak megfelelő laboratóriumban végzik.

IV. Időbeli regisztráció

- Az újszülött csikót a születését követően az előírt időn belül (30 nap) be kell jelenteni az illetékes törzskönyvi hatóságnál. A regisztráció határideje országonként eltérő lehet, de általában néhány hónapon belül esedékes.

V. Azonosítás

- A csikót pontosan azonosíthatóvá kell tenni:
 - Fizikai jellemzők (például színek, jegyek, testarányok) dokumentálása.
 - Mikrochip beültetése, amely egyedi azonosítószámot biztosít.

VI. Születési hely

- A regisztráció során fel kell tüntetni a csikó születési helyét, amelynek fontos szerepe van, mind a nemzetközi, mind a hazai versenyeken (tenyésztési prémium) való részvétel során.

VII. Nyilvántartás

- Az adatokat az illetékes törzskönyvi hatóságok rögzítik, amelyek nemzetközileg elismert szervezetekhez, az IFHA-hoz és az International Stud Book Committee-hez (ISBC). kapcsolódnak.

3.7. Az angol telivér értékmérői

Az értékmérők kulcsszerepet játszanak a lótenyésztésben, különösen a versenyteljesítmény és genetikai potenciál előrejelzésében. Az angol telivérek esetében ezek a mutatók lehetővé teszik a legjobb genetikai vonalak kiválasztását, a kívánt tulajdonságok örökölhetőségének meghatározását és a tenyésztési döntések optimalizálását. Az értékmérők széles spektrumot ölelnek fel, beleértve a versenyteljesítményt, a származási adatokat, valamint az egészségügyi és szaporodási mutatókat. Ezen mutatók integrált alkalmazása elősegíti a versenyképesség és a genetikai diverzitás fenntartását a telivér populációkban. A tudományos munkákban az értékmérők elemzése alapvető fontosságú a tenyésztési programok hatékonyságának értékelésében és a fenotípusos jellemzők öröklődésének jobb megértésében. Az értékmérők bírálata a teljesítményvizsgálaton alapul. Gyakran nehezíti ezek tanulmányozását, hogy poligénes tulajdonságokról van szó, melyek öröklődése jellemzően több lókuszra terjed ki, és számos tényező hatására alakulnak ki (Langlois et al., 1983).

3.7.1. Erő (Strenght)

Az erő közvetve befolyásolja a teljesítményt és az állóképességet és különösen fontos a gát- és akadályversenyek során (Horn, 2010). Az erő értékelése magába foglalja az izomzat fejlettségét,

a hátsó végtagok erejét, a fizikai állóképességet (a kitartással együtt) és a csontozat teherbírását. Tréning során fejleszthető tulajdonság (Bailey et al., 2021).

3.7.2. Állóképesség (Stamina)

Számos ló esetében megfigyelhető kiváló sebességprofil, amelyet azonban gyenge állóképességi profil kísér. Ezt a jelenséget gyakran a "cheap speed" kifejezéssel illetik. Az ilyen tulajdonságokkal rendelkező egyedek többsége nem képes kimagasló teljesítményt nyújtani. Ezzel szemben a kiváló képességű, elit egyedek képesek nagy sebesség fenntartására jelentősen hosszabb távokon vagy időtartamon keresztül, miközben a LDH szintjük (laktát-dehidrogenáz) jelentősen alacsony marad. Lényeges azonban hangsúlyozni, hogy a kiemelkedő teljesítmény eléréséhez mind a sebességi, mind az állóképességi profilnak egyaránt jónak kell lennie. Az erős állóképességi profil önmagában, megfelelő sebességprofil hiányában szintén nem vezet kiemelkedő versenyteljesítményhez (Cator, 1991).

3.7.3. Gyorsaság (Speed)

Az angol telivéreket klasszikus távolságokon (1200-2400 m) való gyorsaságra tenyésztették ki. A versenylovak genetikailag értékelt teljesítményének egyik gyakori mérőszáma a versenylefutási idő, mely mérőszám a futam teljesítéséhez szükséges, másodpercben mért időtartam (Thiruvankadan et al., 2009). A lefutási időt olyan környezeti tényezők is befolyásolják, mint a futófelület típusa (gyep, szintetikus, homok) vagy az időjárástól függően annak állapota (kemény, puha, félkemény stb. futófelület). A gyepon rendezett versenyek lefutása ideje általában jobb (gyorsabb), mint más futófelületeken rendezett futamoké (Oki et al., 1994).

3.7.4. Testfelépítés, konstitúció (Conformation, constitution)

A konformáció és a képesség összefüggéseit sok tekintetben tárgyalták ezelőtt. A lovak testfelépítése immunitása, egészségi állapota és örökletes adottságai szorosan összefüggenek a teljesítménnyel és a versenykarrier hosszával. A kedvezőtlen testfelépítés növelheti a sérülések kockázatát (Stashak, 2002), míg bizonyos örökletes problémák, például a DDSP (gégeporc bénulás) szintén hátrányosan befolyásolják a teljesítményt (Allen & Franklin, 2013). A jármódok mechanizmusának vizsgálata – mint a lépéshossz vagy lépésszög – szintén számos teljesítményvizsgálati tanulmány alapját szolgálta, ezen eredmények pedig felhasználhatók a test motoros potenciáljának becslésére (Dusek et al., 1970).

3.7.5. Vérmérséklet, személyiség (Temperament, personality)

A temperamentum az idegrendszer veleszületett jellemzője, míg a személyiség az élet során kialakuló összetett viselkedési jegyek összessége. A személyiség és viselkedés kapcsolata kiemelkedő jelentőségű a lovak tenyésztése, szelekciója és kiképzése szempontjából. Sackman & Houpt (2018) vizsgálatai azt mutatták, hogy az angol telivér a környezeti változásokra legérzékenyebb fajták közé tartozik. Ezeket az eredményeket további genetikai kutatások is alátámasztották (Momozawa et al., 2005b, Hori et al., 2013, Kim et al., 2022, Azcona et al., 2024). A DRD4 (Dopamin Receptor D4) gén a dopamin neurotranszmitterhez kapcsolódó receptorokat kódolja, amelyek az agy idegrendszeri folyamataiban, különösen a viselkedés és a motiváció szabályozásában játszanak szerepet. A lovaknál a DRD4 gén VNTR (Variable Number of Tandem Repeats) régiójában található egy pontos nukleotid polimorfizmusa (SNP) nagy hatással van a személyiségre és környezetre adott válaszreakciókra. Az angol telivérek esetében a G292A SNP vizsgálata azt mutatta, hogy az A allél frekvenciája magasabb. Ez a változat összefüggésbe hozható az éberséggel, fokozott reaktivitással, továbbá befolyásolja a tréningre való hajlandóságot, így közvetlen hatással van a versenyteljesítményre (Momozawa et al., 2005b).

3.7.6. Koraérés

A koraérés az angol telivérek kiemelkedően fontos értékmérő tulajdonsága, amely szoros összefüggésben áll a korai versenyteljesítménnyel és a gazdasági hasznosíthatósággal. A koraérés genetikai és környezeti tényezők által meghatározott komplex jelleg, amelyet gyakran a gyors fejlődés, a korai tréningezhetőség és a fiatal korban elért versenyeredmények alapján értékelnek. A tenyésztők célja az optimális vagy következetes növekedés, nem pedig a maximális növekedés. A fejlődés ütemét befolyásoló tényezők, például a környezet, a takarmányozás vagy az évszak, már a fogantatástól hatással vannak a későbbi sikerességre. Különösen igaz ez az árverésre készített lovak esetében, ahol az aukciót megelőzően tudatosan alkalmaznak olyan takarmányozási protokollt, mely intenzív súlygyarapodáshoz, akár túlkondícióhoz vezethet. Utóbbi káros hatással van a yearlingekre, hiszen a korai terhelés, a befejezetlen csontosodási periódus és a többletsúly sérülésekhez vezethet (Huntington et al., 2019). A koraérés örökölhetősége ($h^2=0,14-0,17$) alacsony (Farries et al., 2018).

3.7.7. Termékenyítőképeség, termékenység, ivari koraérés

Az ivari koraérés (tenyészerettség) a hosszú generációs intervallum miatt kiemelt jelentőséggel bír a tenyész kiválasztás szempontjából. Az életkor előrehaladtával a kancák reprodukciós képessége csökkenhet, amelyet a petesejtek és embriók minőségének romlása, anatómiai rendellenességek, valamint az endometrium degenerációja okozhat. Ezen túlmenően bizonyított, hogy az anyakanca életkorának előrehaladtával nő a csikók megbetegedési és mortalitási kockázata. Az ilyen egészségügyi problémák hosszú távú negatív hatással lehetnek a csikók fejlődésére, ideértve az értékcsökkenést és a teljesítménycsökkenést (Scoggin, 2015).

Az *in vitro* és asszisztált reprodukciós technikák tiltása miatt a ménnek esetében a termékenyítőképeség és a termékenyítési készség, míg a kancák esetében a vemhesülési képesség az egyik legfontosabb értékmérő. Emellett gazdasági szempontból is lényeges, hogy egy kanca ne csak egyszer, hanem folyamatosan képes legyen minőségi csikót nevelni, biztosítva ezáltal a hosszú távú szaporodási hatékonyságot (Morley & Townsend, 1997).

3.8. Versenyteljesítményt befolyásoló tényezők

A verseny során rögzített versenyidőket az összes, versenyhez kapcsolódó környezeti és genetikai tényező összessége befolyásolja: A lefutási idők változnak a táv és a pályaadottságok függvényében, továbbá jelentős hatással vannak rá az olyan tényezők is, mint a futófelület állapota, a zsokék taktikai döntései, a trénerek hatása, a starthely száma, valamint a versenytársak száma és azok verseny közbeni interakciói. Ezek a tényezők együttesen meghatározó szerepet játszanak a verseny kimenetelének alakulásában (Tolley et al., 1983; Harkins et al., 1992; Shurink et al., 2009).

3.8.1. Versenytáv

A versenytársak száma, a pályakondíciók és az időjárás tényezők hatása a versenyek kimenetelére a versenytáv növekedésével szignifikánsan fokozódik. Emellett a zsoké és a tréner által alkalmazott taktikai döntések gyakran meghatározó különbségeket eredményezhetnek az egyes egyedek teljesítménye között. Ezeknek a döntéseknek a jelentősége a hosszabb távú versenyek során még inkább kiemelkedik, mivel a versenytáv növekedésével arányosan nő a zsoké és tréner hatásának szignifikanciája (Oki et al., 1995; Ekiz & Koçak, 2007). A versenytáv növekedésével az átlagsebesség csökken. Ez a tendencia a hosszútávú versenyek által megkövetelt állóképességi és stratégiai elemekből ered, amelyek során a lovak képesek fenntartani a magasabb sebességet a táv jelentős részén (Sobczykńska, 2011). Oki et al. (1995) javaslata szerint a versenyteljesítményt

különböző távolságokon eltérő tulajdonságokként lehetne értelmezni, mivel a teljesítmény különböző tényezők kombinációjától függ.

Hill et al. (2010a) számolt be először a MSTN (miosztatin) gén genotípusairól, melyek jelentős szerepet játszanak a telivérek teljesítményében különböző versenytávokon.



3. kép: Minden idők egyik leghíresebb Triple Crown nyerője, a hihetetlen állóképességéről ismert Secretariat és lovasa, Ron Turcotte (<http2>)

A gén változatai eltérő izomfejlődési mintázatokat eredményeznek, amelyek meghatározzák a lovak távpreferenciáját (Rooney et al., 2018). A 3. képen látható Secretariat genotípusa nem ismert, de azon kevés lovak egyike, akik kiemelkedően teljesítettek rövid-, közép- és hosszú távon is. Versenyeit 1400-2600 méteren nyerte.

3.8.2. Pályakondíció, futófelület

Sobczyńska (2011) eredményei alapján a talajkondíció jelentős hatással van a versenysebességre: egy „jó” és egy „mély” pályán ugyanazon távon futott versenyek között akár 1,13 m/s-os sebességkülönbség is megfigyelhető. Hasonló összefüggéseket tártak fel Moritsu et al. (1994), Wilson & Robinson (1996), illetve Gallagher et al. (1997) tanulmányai, amelyek alátámasztják, hogy a talajminőség és a környezeti feltételek alapvetően befolyásolják a versenyek kimenetelét. A talajkondíció értékeléséhez a futófelület típusától függően általában legalább 4-5 kategóriát különítenek el. Gyeppályák esetén például megkülönböztetünk firm (kemény), good (jó), yielding (félpuha) és soft (puha) kondíciókat (Maeda et al., 2012).

3.8.3. Zsoké és tréner hatása

A tréner és a zsoké személye, illetve a ló által vitt súly szignifikáns hatást gyakorol a versenyidőre különböző távokon és futófelületeken ($p < 0,01$). A zsoké ügyessége a versenyidő változásának egyik lényeges forrása, amely különösen fontos a távolságok és pályatípusok közötti eltérések figyelembevételénél. Ebből kifolyólag a zsoké szerepét alapvető tényezőként kell kezelni a korrekciós faktorok kidolgozásakor, valamint a genetikai paraméterek becslése és a versenylovak genetikai értékének előrejelzése során (Sobczyńska, 2011).

3.8.4. Ivar

Az ivar versenysebességre gyakorolt hatása szignifikáns, melynek alapján a ménnek átlagosan gyorsabbak, mint a kancák. Ezekkel az eredményekkel összhangban voltak Sobczyńska (2011) és Mota et al. (1998) vizsgálatai is. Moritsu et al. (1994) megfigyelései szerint az ivar hatása 1200 méteres távon nem szignifikáns, míg 1800 méteren jelentős különbséget mutat. Ezzel szemben Mota et al. (2005) minden távon szignifikáns különbségeket mutatott ki a két ivar között. Az ivarok közötti különbségek a versenyidő és sebesség tekintetében a ménnek és kancák eltérő fiziológiai sajátosságaira vezethetők vissza, amelyek befolyásolják teljesítményüket a versenyek során.

3.8.5. Versenytársak és teher

A versenytársak száma pozitív korrelációt mutat az átlagsebesség emelkedésével, ahogy azt Shurink et al. (2009) arab lovakra vonatkozó, Hollandiában végzett vizsgálata is alátámasztotta. Mota et al. (1998) szerint a legjobb lefutási idő csökken a versenytársak számának növekedésével, noha nem figyeltek meg szignifikáns eltéréseket a nagyobb és a kisebb létszámú futamok között. Ezzel szemben Martin et al. (1996) azt tapasztalták, hogy a mezőny számának növelésével lassul a nyerési idő, ami feltehetően a versenytársak közötti megnövekedett kölcsönhatásoknak tulajdonítható.

A futam során vitt teher jelentőségéről és esélykiegyenlítő szerepéről megoszlanak a vélemények. A kimázsált teherbe nem csak a nyereg, hanem a lovas súlya-, és esetenként az extra súlyok (ólomlapok) is beleszámítanak. Míg egyes kutatók úgy találták (Oki et al., 1995), hogy a vitt teher és a sebesség közötti lineáris regresszió ($-0,01$) rendkívül szignifikáns, tehát a futamok során nagyobb súlyt hordozó lovak kisebb végsebességet érnek el, mások szerint a pónalítás a klasszikus versenyeken nem befolyásolja jelentősen a lefutási időt (Gallagher, 1997).

3.9. Miosztatin vizsgálatok

A tréning és takarmányozás mellett az öröklődő genetikai háttér döntő mértékben befolyásolja a kiemelkedő adottsággal rendelkező versenylovak atletikus képességeit (Gaffney & Cunningham, 1988). A telivérek esetében a versenyteljesítményt és az optimális versenytávra való alkalmasságot (BRD – Best Race Distance) több gén is befolyásolja. Ezek között kiemelkedő szerepe van a miosztatinnak (MSTN) és a piruvát-dehidrogenáz kináz izoenzim-4-nek (PDK4) (Hill et al., 2010a; Hill et al., 2010b).

A transzformáló növekedési faktor β szupercsalád tagja a MSTN gén (g.66493737C/T), melyet Hill et al. (2010a) fedeztek fel elsőként az angol telivér fajtában. Jelentős hatással van a testösszetételre, az izomrostok összetételére és az optimális versenytávra is. A gén erősen konzervált emlős fajokban; három exont és két intront tartalmaz. A MSTN gén exonja egy 375 aminosavból álló fehérjét kódol, amely jelentős poszttranszlációs változáson megy keresztül, hogy biológiailag aktívvá váljon (Wolfman et al., 2003). Az MSTN gén a miogenezis negatív regulátoraként ismert (Mosher et al., 2007), már a prenatális időszakban befolyásolja az izomprekurzor proliferációt és a mioblaszt proliferációt, differenciációt (Aiello et al., 2018). A gén kulcsfontosságú szerepet játszik mind az ellés előtti, mind az ellés utáni életben az állat teljes izomtömegének kialakításánál. Hosoyama et al. (2002) izoláltak és szekvenáltak MSTN cDNS-t angol telivérből, a 18. kromoszóma feltérképezésekor. A lovak MSTN mutációit azonosították, melyek mind az izomrostok arányát, mind a versenyteljesítményt befolyásoló különböző fenotípusokkal társultak. A legfontosabb azonosított SNP g.66493737 C>T volt, az MSTN gén első intronjában, ez döntő mértékben járul hozzá a lovak legjobb versenytávjának kialakításához ($p = 4,85 \times 10^{-8}$).

A pontmutációk (pl.: SNP g.66493737 C>T) esetében, egy nukleotid bázis egy másik bázissal cserélődik fel, mely okozhat aminosav-változást is, ami változást okoz a fehérjeszintézisben (amennyiben kódoló régióban helyezkedik el és nem ugyanazt az aminosavat kódolja). Az SNP analízise szekvencia ismeretet igényel, kimutatása történhet szekvenálással, allélspecifikus amplifikációval, hibridizációval vagy tömegspektrometriával. SNP –, vagyis egy pontos nukleotid polimorfizmus esetén különböző eredetű szekvenciák több variációban vannak jelen egy adott pontban (Heszky et al., 2005). A MSTN egy pontos nukleotid polimorfizmusa (SNP) három genotípust eredményez. A C/C genotípussal rendelkező lovak sprinterek (~1000-1400 m) lesznek. Jellemzőjük a koraérés, nagy végsebesség, robbanékonyság és más genotípusokhoz képest a nagyobb izomtömeg. A C/C genotípusnál a IIB típusú, úgynevezett fehér- vagy gyors izomrostok gyakrabban fordulnak elő, ezek jellemzője az anaerob kontrakció, gyors összehúzódás és gyors

kifáradás. Ezen állatok kétévesen sikeresebbek a C/T és T/T genotípusú társaiknál. A T/T genotípusú egyedek, azaz az őstípusú lovak – a „stayerek”, nagy állóképességűek, hosszútávúak (>2000 m) (Hill et al., 2010c, Tozaki et al., 2010), karcsúbb testfelépítésűek és általában később érők, mint a sprinterek. A vörös, oxidatív jellegű izomrostok (I típus) dominálnak ezeknél az egyedeknél, amelyek kitartó, hosszú munkára képesek. A C/T genotípusú lovak az előző genotípuscsoportok keverékei, a „milerek” (a mérőföld szóból eredően), melyek középtávon a legeredményesebbek (~1400-2000 m). Azoknál a lovaknál, amelyek előnyben részesítik a kivételes sebességet igénylő rövid távú (7 furlong / ~1400 m alatti) futamokat, a C allél kétszer olyan gyakori, mint azoknál a lovaknál, amelyek hosszabb távokon (8 furlong / ~1600 m felett) nyújtanak optimális teljesítményt, mivel nagyobb állóképességet igényelnek (Hill et al., 2010b).



4. kép: Egy híres angol telivér versenylő (*Key to the Mint*; 7,2 kg, balról) és egy felejthető teljesítményt nyújtó telivér mén (5,5 kg; jobb oldalt) szíve (Poole & Ericson, 2008)

A gén működését és expresszállódását izombiopsziás vizsgálatokkal is megfigyelték. A középső farizomból (*m. gluteus medius*) izomból vett mintákból RNS izolálás után qPCR segítségével megállapították, hogy a C/C genotípusokban a tréningbe kerülést megelőzően szignifikánsan magasabb a MSTN mRNS szint, mint a C/T vagy T/T csoportba sorolt állatokban (McGivney et al., 2012). A C/C (sprinter) genotípus tehát nagyobb arányú, IIB típusú izomrostokat és kisebb arányú I. típusú izomrostokat eredményez az angol telivérekben (Petersen et al., 2014).

A miosztatin génpolimorfizmus szintén erős korrelációt mutat a sebességindexekkel (Hill et al., 2012). A kiemelkedő teljesítményhez szükséges, hogy a légzőkészülék, a szív- és érrendszer és az izomrendszer is maximális teljesítménnyel működjön (Hinchcliff et al., 2008). Az oxigénszállítást a tüdőből az izmokig a szív- és érrendszer végzi. A szív mérete a teljesítmény szempontjából döntő fontosságú a telivérek atletikus potenciáljában (Potard et al., 1998; Poole & Ericson, 2008). Ennek megfelelően jelentős kapcsolat fedezhető fel a genotípusok és a már említett tulajdonságok között.

3.10. Ultrahang vizsgálatok

Az angol telivérek erős kardiovaszkuláris és erősen vaszkuláris pulmonáris rendszere lehetővé teszi, hogy testük megbirkózzon a nagy terhelés alatti megnövekedett oxigénigénnyel és biztosítsa számukra a testtömeghez viszonyított kiemelkedő (körülbelül 55%-os) izomtömegarányt (Hinchcliff & Geor, 2008, Gu et al., 2009). A megnövekedett izomtömeg és oxigénigény biztosításának szükségessége magával vonta a más lófajtákhoz képest nagyobb szívtömeget is (4. kép), továbbá az általános méretkülönbség mellett a telivérek általában jobb szívsszimmetriával rendelkeznek, mint más lófajták (Buhl et al., 2005). Mivel versenyteljesítmény szempontjából a szív mérete döntő jelentőséggel bír, jelentős érdeklődés mutatkozik a szívizom méretének meghatározása iránt (Poole & Erickson, 2008). Az ultrahangvizsgálat (UH) pontos anatómiai kiértékelést biztosít, amely feltárja a szervek és izomrostok szerkezetét, valamint az izomméretben vagy izomformákban bekövetkezett változásokat (Lindner et al., 2010). Az izomvastagság ultrahangos mérésének reprodukálhatóságával kapcsolatban Lindner et al. (2010) arra a következtetésre jutott, hogy a vizsgálat szinte minden esetben jól alkalmazható.

A vázizmok esetében a félig inas izom (*m. semitendinosus*) UH-vizsgálatánál az árnyalatok intenzitását jelentősen befolyásolta a glikogén csökkenése a futópádon végzett gyakorlatok után (Tabozzi et al., 2021).

Az angol telivéreknél a testösszetétel és a versenyteljesítmény közötti kapcsolat elemzése során Fonseca et al. (2013) arra a következtetésre jutottak, hogy az életkor és az edzés befolyásolja a testösszetételt, és a zsírmentes izomtömeg mennyisége összefügg a teljesítménnyel. Annak ellenére, hogy sportolóknál megállapították az izomrostok hossza, ill. elhelyezkedése és a sprintkésztség - teljesítmény közti összefüggést (Abe et al., 2000; Kumagai et al., 2000), lovaknál ilyen vizsgálatokat még nem végeztek. Az ultrahangos vizsgálat viszonylag olcsó és a legtöbb szakember számára könnyen alkalmazható, a módszert azonban még nem használták széles körben angol telivéreknél az izmok méretének meghatározására. Az ultrahangos technikák (echokardiográfia) fejlődése azonban lehetővé tette a szív szerkezetek jobb képalkotását (Scansen & Drees, 2020). Ezzel a pontos, nem invazív módszerrel szignifikáns összefüggést mutattak ki a kamrai tömeg és az oxigénfelvétel/aerob kapacitás (VO_{2max}) aránya között versenylovakban (Young et al., 2002, 2005). A perctérfogató növekedése fokozza az izomzat O_2 ellátását tréningmunka közben, és meghatározhatja a VO_{2max} -ot (Young, 2003). A telivérek izomtömege más lófajtákénál nagyobb (Gunn, 1987). A rostok hossza és szerkezete jelentősen befolyásolja az izmok teljesítményét és reakciósebességét (Savelberg-Schamhardt, 1995). Az elülső és hátulsó végtagok eltérően működnek, mivel munkanövelésre, illetve erőtermelésre specializálódtak (Brown et al., 2003; Payne et al., 2005).

Melegvérű lovakkal végzett kutatások eredményei alapján Huesler et al. (2016) szerint, a bal pitvar méretének meghatározására a hagyományos lineáris mérések és az újszerű területalapú mérések kombinálása a legalkalmasabb. Hasonló következtetésekre jutott Berthoud & Schwarzwald (2021) is echokardiográfiás mérések segítségével melegvérű lovaknál a bal kamra (LV – left ventricle) méretének értékelésekor. A bal kamra (LV) hosszú tengelyirányú mérését tükröző volumetrikus indexek bevonása szintén eredményes lehet. A belső izmok szerkezete a lóféléknél nagymértékben eltér (Hermanson, 1997, Gellman et al., 2002).

Munkánk célja az volt, hogy a MSTN genotípusok egyedi meghatározását követően ultrahanggal értékeljük az MSTN genotípusok izom- és kardiovaszkuláris paraméterekre gyakorolt hatását angol telivéreknél.

3.1.1. Szőrforgó vizsgálatok

A XVIII. század óta zárt törzskönyvű angol telivért már a kezdetektől versenyzésre használták. A fajtán belül bármely szín-és marmagasság engedélyezett, ebből eredően az egyedek temperamentumukat és konstitúciójukat tekintve is igen eltérőek (Bower et al., 2012). Általánosságban elmondható, hogy az angol telivérek reaktívabbak a környezeti hatásokkal szemben, mint a félvér fajták (Momozawa et al., 2005b, Lee et al., 2021).

A szőrforgók olyan mintázat-változatokként jelennek meg a szőrzetben, amelyek különféle formákat ölthetnek, lehetnek cirkuláris (kerek epicentrummal rendelkező spirálok) vagy lineáris örvények (egy vonal mentén a szőrszálak mindkét oldalon kinyúlnak a középpontból, egy tollhoz hasonló ovális formát hozva létre). Több szőrforgó esetén horizontális vagy vertikális elrendezést különböztetünk meg. Forgásirányt tekintve lehetnek óramutató járásával megegyező irányúak (C – clockwise) –, ellentétesek (CC – counterclockwise) vagy sugárirányúak (R – radial).

Már a XX. században megfigyelték, hogy kapcsolat áll fenn a morfológiai tulajdonságok, a testfelépítés, a konstitúció és a háziállatok temperamentumjegyei között (Grandin et al., 1995, Randle, 1998). A tudományos munkák az ezredforduló után egyre nagyobb részletességgel számoltak be ezen összefüggésekről (Lanier et al., 2001, Murphy & Arkins, 2008, King et al., 2012, Finn et al., 2016, Shivley et al., 2016, Topczewska et al., 2021).

A kültakarót érintő sajátosságokat már korábban is összekapcsoltak genetikai háttérrel. Veleszületett szenzorineurális hallásvesztést figyeltek meg a paint horse fajtában azoknál az egyedeknél, amelyeknek legalább egy heterokróm írisze volt vagy mindkét szeme kék volt. Valamennyi teljesen hallásvesztett állatnak továbbá nagy, kiterjedt fehér mintázat volt a fején vagy végtagjain, mely úgynevezett „splashed white” vagy „splashed white frame blend”, „overo” vagy

„tovero” mintázatú volt. A kültakaró alapján feltételezett süket lovak 91%-ánál találták meg a EDNBR (endothelin-B receptor) gén mutációját, mely a hallásvesztésért volt felelős, de ugyanezen mutáns gén felel homozigóta formában a Lethal White Foal Szindrómáért (LWFS) (Santschi et al., 2001, Magdesian et al., 2009).

Az utóbbi évek szarvasmarhákkal végzett tanulmányai rávilágítottak arra, hogy a szőrforgó-minták és a spermamorfológia között összefüggés van (Meola et al., 2004) a fajban. Kutyaiban ezek a szőrmintázatok összefüggést mutattak a szőrhosszal, a szőrszálak vastagságával, az ivarral (Tomkins & McGreevy, 2010a, 2010b), illetve motoros és szenzoros laterálisitással is (Tomkins et al., 2012).

A humán vizsgálatok azonban ellentmondásos eredményeket adtak. A fejen található szőrforgó-mintázatok azonos sejtrétegből, az ektodermából fejlődnek ki, hasonlóan az idegrendszerhez, mely a terhesség 10 és 16. hete között zajlik le, in utero (Smith & Gong, 1973). Egyes kutatók arra az eredményre jutottak, hogy jobb-vagy balkezesesség-, a nyelvi lateralizáció- és a szőrforgók kialakulása mögött azonos genetikai mechanizmus áll (Klar, 2003, Weber et al., 2006), míg más tanulmányok cáfolták ezen összefüggéseket (Jansen et al., 2007, Çetkin et al., 2019).

A szőrforgók kialakulásának genetikai háttere ugyan még nem tisztázott, azt tudjuk azonban, hogy ezen szőrminták lovaknál nagy biztonsággal öröklődnek, h^2 értékük 0,66-0,99 (Górecka et al., 2007, Yokomori et al., 2019, Encina et al., 2023). Ezen becslések azt mutatják, hogy a szőrforgó-minták nagy additív genetikai varianciával rendelkeznek, a fenotípus jó indikátora a genotípusnak (Encina et al., 2023). Górecka et al. (2007) őshonos, lengyel konik lovakon végzett vizsgálata is összefüggést talált a fejen található szőrforgók, és tapasztalt viselkedés (kezelhetőség, új tárgyakra adott válaszreakciók) között. Randle et al. (2003) és Encina et al. (2023) szintén asszociációt fedezett fel a szőrforgó-mintázatok és a viselkedés között, utóbbi tanulmány a szőrforgók elhelyezkedésének figyelembevételét ajánlja a tenyésztési gyakorlatban, pura raza española (PRE) fajtában.

Áttörő tanulmány volt Murphy & Arkins (2008) munkája, ahol azt találták, hogy a fejen található szőrforgók forgási iránya összefüggésben van a motoros oldalirányúsággal, tehát az óramutató járásával megegyező irányba rendezett szőrképlettel rendelkező egyed nagyobb valószínűséggel lesz jobb oldali preferenciájú. A motoros lateralizáció kialakulása mögött meghúzódó genetikai háttér még nem tisztázott, de a gyakorlatban való felismerése és figyelembevétele a tréning során kritikus lehet az idomárok számára (McGreevy & Rogers, 2005).

Igen fontos a megfelelő fokú-és intenzitású tréning megválasztása, különösen a fiatal versenylovak esetében, hiszen egy rosszul alkalmazott tréning súlyosbíthatja a mozgási asszimetriát (Krueger et al., 2022).

A szőrforgók helyzetét és számát továbbá összefüggésbe hozták a lovak megjósolható temperamentumával, megfigyelésük segít a reakcióképesség előrejelzésében, ezáltal lehetővé teszi a lovak könnyebb képzését, tréningezését és lovaglását (Lima et al., 2021). Szintén kapcsolat van a lovak motoros oldalirányúsága és a szőrminták között, ezek befolyásolják a mozgást, így a lovak teljesítményét az edzések és versenyek során (Murphy & Arkins, 2008).

E témához kapcsolódó munkám célja volt egy olyan asszociációs vizsgálat elvégzése, mely választ ad arra, hogy a szőrforgók száma, iránya és helyzete hatással van-e az angol telivér fajtában az egyedek temperamentumára és a „kezességére”, ezen keresztül a versenyekre való felkészítésére (idomításra). Ezek a tulajdonságok mind közvetlen hatással lehetnek a versenylovak teljesítményére, illetve sikerességére a galoppversenyek során.

3.12. Az intervallum tréning galopplovaknál

Az angol telivérek versenyteljesítményének egyik limitáló tényezője a fáradtság kialakulása, amely a versenyek során jelentkező extrém intenzitású terhelések következménye. A telivérek olyan nagy sebességgel versenyeznek, amely meghaladja a maximális oxigénfelvételük (VO_{2max}) eléréséhez szükséges tempót (Knight et al., 1991). A fáradtság egyik fő oka a tejsavtermelés következtében fellépő hidrogénion-felhalmozódás az izmokban, ami az izom pH-értékének csökkenéséhez vezet (Nimmo & Snow, 1983, Snow et al., 1985, Bayly et al., 1987, Eaton et al., 1999). Amennyiben a tejsav és a hidrogénionok koncentrációja meghaladja a szövetek pufferező és oxidációs kapacitását, az izmok egyre inkább az anaerob anyagcsere-folyamatokra támaszkodnak, ami gyorsítja a fáradtság kialakulását. Azok az alanyok, akiknek nagyobb az anaerob kapacitása, általában nagyobb tejsavtermelési kapacitással rendelkeznek intenzív edzés során (Fox et al., 1969, Edwards, 1983). Ezek alapján a vértejsav-koncentráció, maximális szívfrekvencia szintek és regenerációs görbék, valamint egyéb mérések alapján értékelik a sportolókat és előrejelzik a jövőbeli teljesítménypotenciált (Erickson et al., 1987).

Az edzések egyik fő célja a fáradtság késleltetése, az izomerő növelése, valamint a szív- és érrendszeri, illetve izomrendszeri alkalmazkodások elősegítése, a sérülések kockázatának minimalizálása mellett (Ivers, 1983, Bayly, 1985). Az intervallumos edzés (IT) egy széles körben tanulmányozott módszer, amely bizonyítottan javítja az aerob és anaerob teljesítményt humán sportolók esetében (Laursen et al., 2005). A lovaknál csekély számú kutatás vizsgálta, hogy az IT milyen mértékben fejleszti az állóképességet más edzésformákhoz képest, különösen az angol telivérek esetében (Bronsart et al., 2009, Harkins et al., 2010). Az intervallum edzés lényege a rövid, magas intenzitású munkaszakaszok és a lassabb, alacsony intenzitású regenerációs időszakok váltakozása. A gyakorlatok általában közel maximális erőfeszítéssel történnek, és 1-2

percig tartanak, a szakaszok között rövid (2-10 perces) pihenőidővel. Ez lehetővé teszi, hogy az edzés során a résztvevő többször ismétljen meg olyan intenzív tevékenységeket, amelyek folyamatos edzés során a fáradtság miatt nem lennének abszolválhatók. Lovaknál az IT lehetővé teszi, hogy nagyobb mennyiségű edzőmunkát végezzenek 200 szívverés/perc feletti pulzusszámon, ami kulcsfontosságúnak tűnik a kívánt metabolikus hatások eléréséhez. Emellett a magas sebességű edzőmunkák javítják az ideg-izom koordinációt is, amely elengedhetetlen a versenytempó fenntartásához (Bayly, 1985). Hinchcliff et al. (2002) megállapította, hogy az IT javítja a lovak VO_{2max} értékét, és csökkenti a szubmaximális pulzusszámot adott munkaterhelés mellett. Továbbá elősegíti a tejsav oxidációs úton történő eltávolítását a regenerációs időszakok során. A tejsav oxidációja a munkát végző izmokban, valamint annak szállítása és oxidációja más szövetekben, például a májban, kulcsszerepet játszik a hatékony regenerációban (Harkins & Kamerling, 1991). Megfigyelék, hogy rövidebb regenerációs szakaszok – például 2 percnél rövidebb pihenőidők – alacsonyabb vértejsav-koncentrációt eredményeztek, mint a hosszabb, 5-10 perces pihenők. Ez arra utal, hogy a rövidebb regenerációs időszakok fokozott oxidatív regenerációt idéznek elő a munkavégző izmokban (Eto et al., 2004).

Az IT jelentős pozitív hatással van az izomenzimek aktivitására is, ami jobb pufferezési kapacitást, nagyobb glikolitikus teljesítményt és az izomrostok fokozott oxidatív potenciálját eredményezi. Wolff törvénye szerint a csontok a rájuk ható terhelésekhez igazodva alakulnak, és az IT, szemben a hosszú, lassú vágtamunkával, jobban utánozza azokat a terheléseket, amelyekkel a lovak egy verseny vagy versenyszezon során találkozhatnak. Ennek következtében az intervallumos edzést végző lovak jobban alkalmazkodnak a vázrendszeri terhelésekhez, csökkentve a sérülések kockázatát (Robling et al., 2006). Lindholm & Saltin (1974) arra a következtetésre jutott, hogy az intervallumos edzés hasznos az ügетőlovak esetében.

A breeze work – az IT egy speciális formája, amely rövid, nagy sebességű galoppozást jelent – különösen hatékonynak bizonyult a versenylovak felkészítésében. Epidemiológiai kutatások alapján javasolták, hogy a felkészülés során több ilyen rövid, gyors galoppmunkát alkalmazzanak, és csökkentsék a hosszú, lassú vágtaszakaszok számát. Mivel a vágták során megtett lépések száma pozitívan korrelál a sérülések kockázatával, az IT csökkentheti az összesített lépésszámot, miközben növeli az edzések hatékonyságát (Robling et al., 2006). Az IT tehát hozzájárulhat a jobb teljesítmény eléréséhez és a sérülések kockázatának csökkentéséhez, feltéve, hogy az edzések fokozatosan épülnek fel, és elegendő regenerációs idő áll rendelkezésre.

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1. Miosztatin vizsgálatok

Vizsgálatunk során 145 angol telivérből vett vérmintát genotipizáltunk, melyek mindegyike a Bábolna Nemzeti Ménesbirtok dióspusztai ménesének telephelyén –, tulajdonában – vagy bérleményében állt. A kancák (n = 94), ménnek (n = 49) és heréltek (n = 2) alábbi adatait rögzítettem egy adatbázisban: 1. szín, 2. ivar, 3. származás, 4. születési év, 5. laborszám, 6. genotípus, 7. minden egyes verseny távja, 8. aktuális életkor a verseny idején, 9. adott verseny futófelületének állapota, 10. futam besorolása (kategória), 11. helyezések, 12. nyerések, 13. nyerőidők, 14. versenyben résztvevő lovak száma, 15. összes nyeresmény, 16. egy futásra jutó nyeresmény, 17. startok száma (összes), 18. átlag versenyszám / év, 19. éves legmagasabb generálhendikep (GHP), 20. GHP maximum, 21. GHP átlag, 22. versenyzett évek száma (hosszú hasznos élettartam), 23. legjobb versenytáv (BRD – Best Race Distance), 24. legjobb versenytáv legjobb nyerőideje, 25. első futási kor, 26. kancacsalád, 27. alcsalád, 28. legjobb versenytáv legjobb nyerőideje km/h-ban kifejezve, 29. azok a távok, melyeken az egyed az első három hely valamelyikén ért célba (pl.: 1000 – 2200 m), 30. tenyésztésbe kerülés (10 éves kor felett – átlagos tenyésztésbevételi idő), 31. nyerési %, 32. a BRD nyerő km/h és a legjobb nyerő km/h egyezése. Amennyiben az utolsó adat nem egyezett, abban az esetben feltüntettem (32.) a legjobb nyerő időt és a hozzá tartozó távot is.

Az adatgyűjtést az alábbi helyekről végeztem:

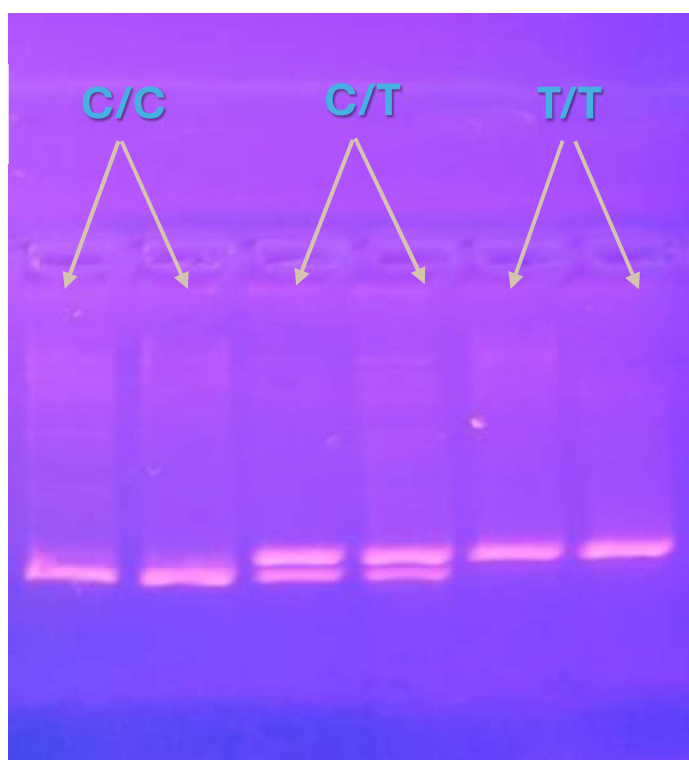
- Magyar Méneskönyv XXVIII-XXIX. kötetek,
- Lóverseny krónika 2005-2018 kötetek,
- Internetes adatbázisok, pl.: Kincsem Park, PedigreeQuery France Galop, Závodisko

Bratislava...stb.

A vérmintavétel állatorvos közreműködésével történt, a vena jugularis-ból (belső torkolati véna), lovanként kb. 2 ml mennyiségben. A mintákat 4 ml-es EDTA-t (véralvadásgátlót) tartalmazó csövekbe vettünk le. Egyedenként történt tűcsere, a vérminták szennyeződésének, keveredésének elkerülése érdekében. A mintákat hűtőtáskában szállítottuk, majd a DNS extrakció megkezdéséig fagyasztva, -20°C-os hőmérsékleten tároltuk. Összesen 145 egyedtől gyűjtöttünk mintát, melyek mindegyike a Bábolna Nemzeti Ménesbirtok dióspusztai telephelyén állt vagy az alagi Versenyló Tréningközpontban volt idomításban. A lovak között volt fedezőmén, anyakanca, csikó és aktív

versenylő is. A DNS izolálása fehérvérsejtek sejtmagjából történt (Zsolnai et al., 2003), mivel a vörösvértestek nem rendelkeznek sejtmaggal.

A vizsgálandó DNS szekvenciát a DNS preparálást követően PCR segítségével amplifikáltuk (PxE 0,5 Thermal Cycler (Thermo Electron Corporation, USA)), majd restrikciós endonukleázzal (5U ScaI (MBI Fermentas, USA)) egy teljes éjszakán keresztül emésztettük. A restrikciós endonukleázok baktériumokban megtalálható enzimek, melyek az idegen DNS elbontásáért felelősek. Sok fajtájuk ismert, melyek különböző szekvenciákat (motívumok hosszát, szimmetriáját, specifikitását) ismernek fel, és így képesek hasítani (emésztani) a DNS-t.



5. kép: Genotípusok meghatározása 3%-os agaróz gélen, UV fényben (saját fotó)

Ennek segítségével a restrikciós fragmentumhossz alkalmas lesz a hosszúság alapján történő vizsgálatokra (minden allél rá jellemző fragmentumhosszal bír). A kapott fragmenteket 3%-os, etídium bromiddal (EtBr) festett agaróz gélen futtattuk. Az agaróz vörös algából kivont (agar-agar), nem mérgező, kémiaailag módosított poliszacharid. Az agaróz gélen az elválasztható DNS-ek mennyisége kisebb a polyakrilamid gélekhez képest, azonban akár 40-50 kb (kilobázis) méretű fragmentumok is elkülöníthetők egymástól. Az elektroforézis során az elválasztó mátrixot pufferoldatban felmelegítettük, majd egy fésűvel elválasztott tálcára öntve kihűtöttük (az agaróz koncentrációja határozza meg a gél­sűrűsége­­t). A pufferoldat felszíne alá kerülő „zsebekbe” pipettáztuk a mintát, majd az egyenáram hatására (5 és 10 V/cm) a negatív töltésű nukleinsav fragmentumok megkezdték vándorlásukat a pozitív pólus felé. A fragmenteket tartalmazó gél

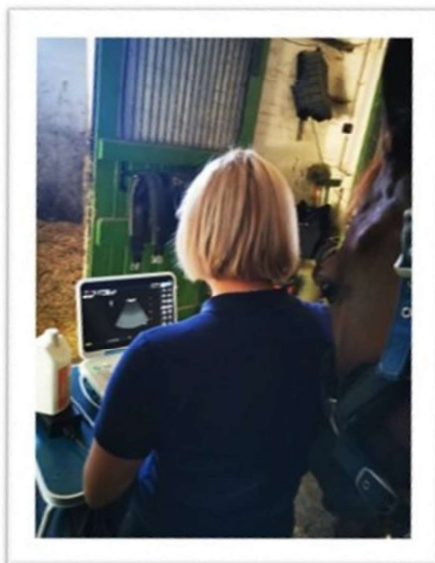
interkalálódó fluoreszcens festéket (EtBr) tartalmazó oldatban inkubáltuk, majd a fragmentumokat fluoreszcens festéket gerjeszteni képes fénnel (UV) láthatóvá tettük (5. kép).

A vizsgálat részletes menete a következő volt: DNS preparálás során az első lépés a fagyasztott vérminták kiolvasztása volt. A kimért mintákat (50 µl) számozott Eppendorf csövekbe raktuk, majd 500 µl/cső vérmosó oldat (10mM Tris pH=7,5; 1mM EDTA, pH=7,43) adagolását követően vortexeltük (10mp) és centrifugáltuk azokat (2 perc, 12000 rpm). A felülúszó elegy leöntése után a folyamatot (mosás, keverés, centrifugálás) kétszer ismételtük. A szárítási fázis után Lízis puffert és Proteináz-K elegyet mértünk a mintába (100 ml puffer, 0,4 µl Proteináz-K enzim) és Falcon csőben, vortex segítségével homogenizáltuk a mintával (8-10 mp). Az Eppendorf cső alján maradt sejtpellethez Lízis (100 µl) elegyet adtunk, kevertük (vortex, 7-10 mp) és centrifugáltuk (600-700 fordulatszámig). A mintákat vízfürdőbe tettük (56°C, 60 perc), majd a Proteináz-K enzim inaktiválása érdekében 96°-on 10 percig tartottuk. A PCR reakcióhoz PxE 0,5 Thermal Cycler (Thermo Electron Corporation, USA) készüléket használtunk. Az elegy teljes mennyisége 10 µl volt, mely a következőket tartalmazta: 7,51 µl desztillált víz, 1 µl 10x puffer, 0,08 µl dNTP Mix: 9,04 µl / cső, 0,2 µl mindegyik primerből, 0,06 µl DNS polimeráz, 0,96 µl genomiális DNS / cső. A PCR terméket az amplifikációt követően 5U ScaI (MBI Fermentas, USA) restrikciós endonukleázzal emésztettük (12 óra). Az elektroforézist 1,5 óra alatt, 5 és 10 V/cm áramerősség mellett végeztük, majd a kapott eredményeket etídium-bromiddal festett gélen UV lámpa segítségével értékeltük.

4.2. Ultrahangos vizsgálatok

Az MSTN genotípusra vizsgált száznegyvenöt állatból hatvanhatot – genotípusonként huszonkettőt – véletlenszerűen választottunk ki az ultrahangos vizsgálatokhoz. A lovak életkora 7 és 12 év között változott. A lovak telephelyén dolgozó állatorvosok segítségével az echokardiográfiát és az izomultrahangot egy hordozható MyLab™ AlphaVET készülékkel (Esaote S.p.A., Genova, Olaszország) végeztük (6. kép), amely a dedikált szondák és szoftverek széles választékát kínálta. Az echokardiográfiát 2,5 MHz-es fázissoros ultrahang transzducerrel (SP2430, Esaote S.p.A., Genova, Olaszország) fejeztük be. A szektorszög 90°, a maximális képmélység pedig 35 cm volt, ami lehetővé tette, hogy a teljes szívet a jobb oldali echokardiográfiás ablakból (jobboldali 4. bordaközi tér) láthassuk. A végdiasztolés mérések optimális időzítése érdekében szimultán elektrokardiográfiát is rögzítettünk.

Standardizált kétdimenziós és irányított M-módú echokardiográfiát végeztünk minden egyednél egy, már korábban leírt módszer alapján (Long et al., 1992).



6. kép: Echokardiográfia vizsgálat hordozható MyLab™ AlphaVET készülékkel (saját fotó)

A statisztikai elemzéshez használt összes mérést ugyanaz a személy végezte. Az végszisztolés M-módú méréseket az interventricularis septum maximális kitérésénél, a végdiasztolés méréseket a szív ciklus QRS szakaszának kezdetén végeztük. Minden mérést három szív ciklusban megismételtünk, amikor a pulzusszám fiziológiás határokon belül volt. A másodfokú atrioventrikuláris blokk utáni szív ciklusokat nem használtuk a mérésekhez. A bal kamrai M-módú méréseket a jobb parasternalis rövid tengely nézetéből végeztük az ínhúrok (chordae tendineae) szintjén. A mért paraméterek a következők voltak: A jobb kamra átmérője diasztolében (RVD), az interventricularis septum diasztolében (IVSd) és szisztolében (IVSs), a bal kamra átmérője diasztolében (LVDd) és szisztolében (LVD), a bal kamra szabad falvastagsága diasztolében (LVFWd) és szisztolében (LVFW). Az aorta átmérője szisztolében és diasztolében a billentyűk szintjén (ADVd, ADVs), a Valsalva-öböl (ASDd, ASDs) és a sinotubularis junctio (ASJd, ASJs) átmérőjét a bal kamrai kiáramlási traktus kétdimenziós, jobb parasternalis hossz tengelyének nézetéből. Meghatároztuk a pulmonalis artéria végdiasztolés átmérőjét a jobb parasternalis, jobb kamrai beáramlási-kiáramlási echocardiogramból. A bal pitvari átmérőket (végdiasztolés, LADd és végszisztolés, LAD-ok) a jobb parasternalis négykamrás nézetben mértük kétdimenziós echokardiográfiában.

A vázizmokat (m. triceps brachii, m. anconaeus, m. trapezius thoracis, m. longissimus dorsi, m. gluteus medius, m. semitendinosus és m. quadriceps femoris) konvex ultrahang transzducerrel

(AC2541, Esaote S.p.A., Genova, Olaszország) vizsgáltuk. Reprodukálható ultrahangfelvételeket és méréseket csak a m. anconaeus, triceps brachii és longissimus dorsi izomzatból kaptunk, ezért a statisztikai elemzéshez csak az ezekből az izmokból származó adatokat használtuk fel. Az anconaeus izmot a könyök oldalsó részén, közvetlenül a könyökbúb (olecranon) felett vizsgáltuk. A triceps brachii oldalsó fejének középpontját a könyök és a vállvonalak között vizualizáltuk. A longissimus dorsi izom mellkasi részét longitudinális és keresztirányú nézetben vizsgáltuk a 10. bordaközi térben. Az izompólya hosszát és az izomköteg szögét az anconaeus-ból, a vastagságot a másik két izomból mértük. Az anconaeus izomköteg-hosszának és szögének mérését a korábban humán sportolóknál publikált (Abe et al., 2000; Kumagai et al., 2000) módon végeztük. Minden mérést kétszer ismételtünk, az értékek jó egyezése mellett ($P < 0,05$). Az adatkészletet az SPSS 15.0 for Windows szoftverrel elemeztük (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Az MSTN csoportok közötti variancia homogenitását Levene teszttel ellenőriztük. A mért változók varianciája az összehasonlított csoportokban egyenlő volt. Többváltozós varianciaanalízist (általános lineáris modell, GLM) alkalmaztunk a mért paraméterek és az MSTN genotípusok közötti különbségek meghatározására. Az ivart és az életkort rögzített tényezőknek tekintettük. Az LSD és Tuckey HSD post-hoc tesztet használtuk a genotípus-csoportok közötti különbségek feltárására. A GLM modell a következő volt:

$$y_{ijk} = \mu + \text{MSTN}_i + \text{kor}_j + \text{ivar}_k + e_{ijk},$$

ahol y a mért izom- és szívparaméter, μ az általános átlag, MSTN a miosztatin genotípusa (C/C, C/T vagy T/T), az kor az életkor hatása (7-12), az ivar az ivar hatása (mén vagy kanca), az e pedig a maradék hiba.

4.3. Szőrforgók vizsgálata

A szakember által végzett lóazonosítás és a chippelés kötelező feltétele az angol telivérek méneskönyvi regisztrációjának. A lóútlevél magában foglalja az egyedek származási adatait, chipszámát és a fenotípusos azonosítás eredményeit is. Ez utóbbi tartalmazza a fehér jegyek és a szőrforgók azonosítását (7. kép) is (<http3>). Vizsgálatunkban első lépésként azonosítottuk a cirkuláris és lineáris szőrforgókat a fejen, nyakon, testen és lábakon ($n=31$). A szőrforgók elhelyezkedését (pozícióját) nominális/dichtohóm (nominal) skálán elemeztük (adott pozícióban cirkuláris vagy lineáris mintázat található), majd ezt megismételtük arányskálával (scale) is (szőrforgók száma a fejen és a nyakon és a testen). Megnéztük, hogy a fejen található szőrforgók miként helyezkednek el, és ez alapján három csoportba soroltuk a megjelenésüket:

- felső szemvonal felett (jobbra fent, középen fent, balra fent)
- felső-és alsó szemvonal között
- alsó szemvonal alatt (jobbra lent, középen lent, balra lent)

A szőrforgókat a fejen az ajkaktól a fülek alsó vonaláig számoltuk. Nyakon, a jobb oldal és a bal oldal tekintetében is a vizsgált terület az atlas csigolyától a scapula (lapocka) csontig (mellkas területét is lefedve) terjedt. Ezt követően, a szőrforgók számát és elhelyezkedését szimmetria szempontjából is vizsgáltuk, tehát megnéztük, hogy annak az egyednek, amelynek bal oldalon található egy adott pozícióban szőrforgója, a jobb oldalon is találunk-e szőrforgót ugyanabban a pozícióban.

A mintázatok rögzítéséhez az útlevelekben is alkalmazott üres ábrákat (chartokat) használtuk, az eredményeket egy adatbázisban rögzítettük, csak úgy, mint a karámteszt eredményeit és a temperamentum kérdőív pontjait.



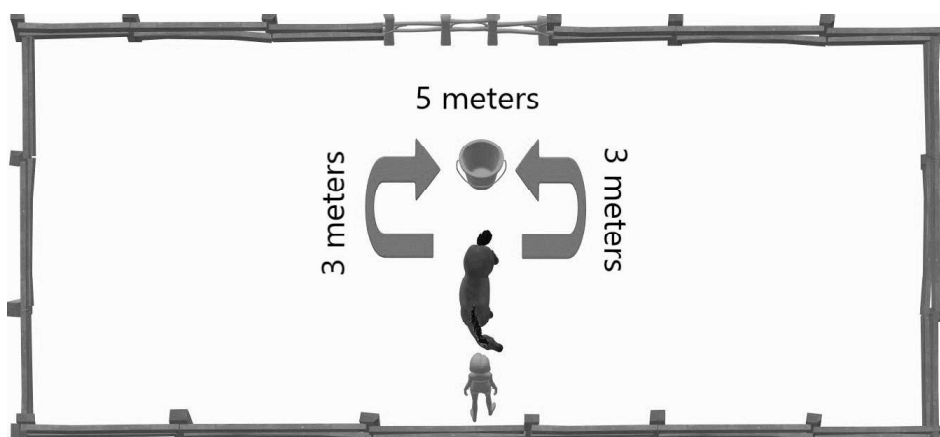
7. kép: A szőrforgók forgásirány szerinti felosztása: óramutató járásával megegyező irányú (bal), radiális (középen), óramutató járásával ellentétesek (jobb) (saját fotó)

4.4. In vivo karámteszt

A szőrforgóvizsgálat egyedeivel végzett in vivo karámteszt során a vizsgált angol telivérek mindegyike (n=31) aktív, tréningben lévő versenyló volt, ivari kikötés nélkül, tehát lehetett mén (n=24) herélt (n=1) és kanca (n=6) is. A lovak 2-13 évesek voltak, mindegyikük hozzá volt szokva a karámozáshoz, változó rendszerességgel. Az összes egyed az alagi Versenyló Tréningközpontban volt elhelyezve, azonos boxos tartási körülmények között, azonos ideig napi rendszerességgel lovagolva. Minden állatot a számára ismerős, megszokott (egyazon) karámban

vizsgáltunk, mely egy 16x21 méteres, nyitott (látja a ló a környezetét), négyzet alakú, homokos talajú terület, legelési lehetőség nélkül. A megfigyelések 8:00 és 12:00 óra között zajlottak olyan időszakban, amikor más ló nem zavarta a vizsgálatot. Sánta vagy sántaság tünetét mutató lovak nem szerepeltek a megfigyelésben.

Az első kísérlet során a vizsgált lovat kikísértük a karámba, majd hagytuk, hogy levezesse felgyülemlett felesleges energiáját (galoppozzon). Miután megnyugodott (általában 5 perc elteltével), a karám közepére egy 20 literes műanyag vödörbe répát tettünk, majd hagytuk, hogy megközelítse azt és lehajoljon enni. Amikor lehajol a táplálékért egy ló, mindig „kitámaszt” az egyik lábával, mely előrébb lesz a másik elülső lábnál, ezt az előre helyezett végtagot rögzítettük preferált oldaliként. Miután elfogyott a táplálék 180 másodperc elteltével megismételtük a kísérletet. Összesen tíz alkalommal helyeztünk ki répát, minden alkalommal rögzítve az oldalpreferenciát, alkalmanként 60 másodpercig, így az összes rögzített idő 10x60 másodperc volt. Rögzítettük továbbá az elfordulási irányt az embertől, majd a vödörtől is (1. ábra). A vizsgálatot végző személy, egyszínű fekete ruházatban volt, mozgásában nem befolyásolta az állatot.



1. ábra: A karámteszt kísérleti elrendezése. A vizsgált egyed háttal állt a bejáratnak, a jutalmat tartalmazó vödört a bejárat irányába, 3 méterre a lótól-, 5 méterre a bejáratától helyeztük el. A kísérletet végző személy a lóval szemben állt.

4.5. Temperamentum kérdőív

A vizsgálat harmadik részeként egy temperamentum-kérdőívet töltettünk ki az egyedet ismerő személyekkel, lovanként két emberrel. Egy, már korábban validált, 20 kérdésből álló kérdőívet használtunk (Momozawa et al., 2005a). A 20 kérdést a már publikált módon 3 faktor-csoportra osztottuk és elemeztük, a pontos kérdések és a faktorcsoportok a mellékletek fejezet 10.2.2. pontjában láthatók részletezve.

4.6. Statisztikai analízis

4.6.1. Miosztatin vizsgálatok statisztikai értékelése

A genotipizálás után populációegyensúly-vizsgálatot végeztünk. A Hardy–Weinberg-törvény kimondja, hogy egy genetikai egyensúlyban lévő populációnál a géngyakoriság állandó, amelyet a következő képlet ír le:

- $p+q=1$

ahol a p az egyik allél gyakorisága, míg a q a másik allél gyakorisága, tehát:

- $p = 1 - q$
- $q = 1 - p$

Az A_i allél (p_i) gyakoriságát az $A_i A_i$ homozigóta genotípus gyakoriságának és az $A_i A_j$ heterozigóta gyakoriság felének összege adja meg:

- $p_i (A_i) = A_i A_i \text{ gyakoriság} + \sum \frac{1}{2} A_i A_j \text{ gyakoriság}$

ahol a $\frac{1}{2}$ a heterozigóta állapotban előforduló allélok fele. Mivel a heterozigóták esetében az allélek fele fordul elő heterozigóta formában, ezzel a képlettel a genotípusgyakoriságból kiszámítható az allélgyakoriság. Például a C allél gyakorisága az alábbi módon számítható:

$$\frac{\text{C allél által elfoglalt lokuszok száma}}{\text{C és T allélek által elfoglalt lokuszok száma}}$$

Az MSTN gén és a retrospektív eredmények közötti asszociációvizsgálathoz az IBM SPSS Statistics Viewer 23 programcsomagot és a GraphPad InStat 3 szoftvert használtuk. A fenotípusos mérőszámok közötti különbségeket a genotípuscsoportok tekintetében nem paraméteres varianciaanalízissel (ANOVA, Kruskal-Wallis) teszttel vizsgáltuk.

4.6.2. Ultrahangos vizsgálatok statisztikai értékelése

Az echokardiográfia, elektrokardiográfia és muszkuloskeletális ultrahang során kapott adatokat az SPSS 15.0 for Windows szoftverrel elemeztük. A variancia homogenitásának ellenőrzésére a Levene-tesztet alkalmaztuk az MSTN csoportok között. A vizsgált szív-és izomparaméterek és az MSTN genotípusok közötti eltérések meghatározására többváltozós varianciaanalízist (általános lineáris modell, GLM) végeztünk. Ez a vizsgálati típus lehetővé teszi egy- vagy több függő változó (dependens változó) és egy vagy több független változó (faktorok vagy kovariánsok) közötti kapcsolat elemzését. Az ivart és az életkort rögzített tényezőként kezeltük és genotípus-csoportok közötti különbségek elemzéséhez LSD és Tukey HSD post-hoc tesztet alkalmaztunk. A GLM modell az alábbi formában épült fel:

$$y_{ijk} = \mu + \text{MSTN}_i + \text{kor}_j + \text{ivar}_k + e_{ijk},$$

ahol y a mért izom- és szívparaméter, μ az általános átlag, MSTN a miosztatin genotípusa, az kor az életkor hatása, az ivar az ivar hatása, az e pedig a maradék hiba.

4.6.3. Szőrforgóvizsgálatok statisztikai értékelése

Gyakorisági elemzést végeztünk, melyben vizsgáltuk a szőrforgók (radiális és lineáris) elhelyezkedését a fejen (balra, jobbra, középen, valamint a felső szemvonal felett, alsó szemvonal alatt, vagy a szemek között) és a testen (fej, test, nyak, törzs, oldal, lábak). A fej bal, középső és jobb oldalán a felső, középső és alsó részen lévő kör alakú szőrforgók számát rögzítettük. A különböző helyeken (fej, test és lábak) megtalálható körkörös és lineáris szőrforgókkal rendelkező lovak arányát Fisher-próbával hasonlítottuk össze.

A lovakat három csoportba soroltuk a fejen található szőrforgók alapján. Amennyiben a szőrforgók mind az óramutató járásával megegyező irányúak (clockwise), vagy az óramutató járásával megegyező irányúak és radiálisak voltak (és nem voltak az óramutató járásával ellentétes irányúak), akkor ezeket a lovakat az óramutató járásával megegyező irányúak csoportjába (clockwise) soroltuk. A többi lovat, amelyeknek a fején az óramutató járásával ellentétes (anticlockwise), vagy az óramutató járásával ellentétes és radiális szőrforgók voltak (és nem voltak az óramutató járásával megegyezőek), az óramutató járásával ellentétes (anticlockwise) lovak csoportjába soroltuk. Az egyidejűleg az óramutató járásával megegyező és az óramutató járásával ellentétes irányú, ill. a fejen található radiális szőrforgót mutató lovakat „kétkezesként” azonosítottuk, azaz a mindkét oldali lábukat közel egyformán használó egyedeket soroltuk ebbe a csoportba.

4.6.4. In vivo karámteszt statisztikai értékelése

Ballábasnak minősítettük azokat a lovakat, amelyek a karámteszt során 10-ből legalább 8 alkalommal használták bal első lábukat (vagy fordultak balra). Jobblábasnak minősítettük azokat a lovakat, amelyek 10-ből legalább 8 alkalommal használták a jobb első lábukat (vagy jobbra fordultak). „Kétlábasnak” minősítettük a lovakat, ha 10-ből legalább 7 alkalommal használták a bal első lábukat (vagy balra fordultak).

Gyakorisági elemzést végeztünk mind a szőrforgók (körkörös és lineáris) helyzetére, mind azok számára vonatkozóan. A körkörös szőrforgók jelenlétét a fej felső részén, a körkörös szőrforgók számát, ill. elhelyezkedését a fejen (bal, jobb vagy kétoldali), a körkörös szőrforgók orientációját (bal, jobb vagy kétoldali), a szőrforgók (radiális és lineáris) számát a fejen és a testen, külön-külön számoltuk. Ezeket a változókat a lábpreferenciával (bal, jobb, vagy kétoldali) hasonlítottuk össze a karám-teszt során chi-négyzet teszt segítségével. Fisher-teszt alkalmazásával összehasonlítottuk a fejen lévő szőrforgók irányát (az óramutató járásával ellentétes, az óramutató járásával megegyező vagy mindkét irányba mutató) a lábpreferenciával (balra, jobbra vagy mindkét irányba mutató).

4.6.5. Temperamentum kérdőív statisztikai értékelése

A temperamentum kérdőív pontszámait a Momozawa et al. (2007) által javasolt módszer alapján számoltuk ki:

- A szorongási faktor 7 kérdést tartalmazott a következők szerint: 1. kérdés (ideges), 5. kérdés (izgatott), 9. kérdés (pánikra hajlamos), 11. kérdés (kiszámíthatatlan), 14. kérdés (éber), 18. kérdés (félénk), 19. kérdés (bátortalan/ijedős)
- A tréningezhetőségi faktor 4 kérdést ölelt fel: 2. kérdés (koncentrált), 4. kérdés (könnyen tréningezhető), 8. kérdés (memória), 15. kérdés (kitartó)
- A barátságosság-faktor szintén 4 kérdésből állt: 6. kérdés (barátságos az emberekkel), 10. kérdés (együttműködő), 13. kérdés (szelíd), 16. kérdés (barátságos más lovakkal)

Az egyes klaszterek kérdéseinek pontszámait összegeztük, és minden esetben összehasonlítottuk az eredményeket. Általános lineáris modellekkel vizsgáltuk, hogy a mért temperamentumjellemzők közül bármelyikre szignifikánsan hatnak-e a mért változók, mint például az ivar, a szín, a fej felső részén lévő szőrforgók jelenléte, a szőrforgók száma és

elhelyezkedése a fejen, a szőrforgók iránya, a ló szőrforgóinak száma (a fejen vagy a test többi részén) és a lábak preferálása a karámteszt során.

Pearson korrelációs tesztet használtunk az összes szőrforgó (típusa, elhelyezkedése) és a mért személyiségjegyek hatásának vizsgálatára. A statisztikai elemzéshez az R 4.3.0 statisztikai szoftvert használtuk, a szignifikancia vizsgálatához $p < 0,05$ értéket alkalmaztunk.

4.7. Tréning módszer tesztelés (Pilot study)

A közelmúltban végzett kutatások (Bronsart et al., 2009, Harkins et al. 2010) kedvező eredményeinek ellenére az intenzív, rövid időközökkel végzett intervallum edzés (IT) ismert, de széles körben nem elterjedt versenyfelkészítési, kondicionálási módszer a lóversenyiparban. A ló tartás-és tréningezés, a nevezési díjak, a zsoké és tréner sikerdíja győzelem vagy helyezés esetén mind-mind igen költséges, presztízssporttá teszik a lósportot, emiatt máig kevés az ezzel kapcsolatos kutatás.

Vizsgálatunkban az előzetes MSTN genotipizálási eredmények alapján minden genotípus csoportból (C/C, C/T, T/T) egy-egy azonos korú ír import egyedet választottunk ki, amelyek a próbatanulmány (pilot study) tesztlovaiként szolgáltak. Mindegyikük azonos trénernél állt, és mindegyiket két lovas (egy női, egy férfi) készítette fel a versenyekre felváltva, egy szezonon (11 hónap) keresztül. Mindegyikük azonos tartási körülmények között (boxos tartás), azonos tartási helyen, az Alagi Lóversenypálya és Tréningközpont telephelyén tartózkodott. A lovak genotípus-, napi terhelést-, változó fiziológiai és mentális állapotot (fáradt, jókedvű stb.) figyelembe véve hasonló, de nem azonos takarmányozásban részesültek, egységesen Conolly's Red Mills (http4) tápok és Foran étrendkiegészítőket fogyasztottak a tizenegy hónapos kísérleti időszak alatt. Az alkalmazott tápok és étrendkiegészítők a következők voltak: Conolly's Red Mills Conditioning Mix (kondicionáló táp), Conolly's Red Mills Comfort Mash (emésztést segítő táp), Conolly's Red Mills Horse Care 14 (versenytáp), Foran Chevalin (multivitamin), Foran Nutri Gard (gyomorvédő), Foran Equi Lite G (elektrolitpótlás a nyári hónapokban), Foran Kentucky Carron Oil (esszenciális zsírsavakat tartalmazó emulzió), Foran Ost-O-Flex (ízületvédő), Foran Hoof Aid (szaruképzést támogató kiegészítő), Foran Muscle Max (izomfejlődést támogató kiegészítő), Foran Pre-Fuel Gel (doppingszermentes előemésztett fehérjéket tartalmazó kiegészítő a futamok előtt). A takarmányok mennyiségét és összetételét a megbízott tréner és állatorvos koordinálta.

A három kiválasztott ló a 257-es laborszámú Next Page (IRE), a 258-as laborszámú Szigliget (IRE) és a 259-es laborszámú Copadelmundo (IRE) volt. Mindhárom egyed a hároméves

versenyszezonja előtt került a kijelölt trénerhez (előzetesen más tréningben álltak), az alábbiakban egy kísérleti ismertető a lovakról:

4.7.1. 259 – Copadelmundo (Mustajeeb (GB) – Calibrate (GB))

A tesztidőszak kezdetén a kétéves ír import mén mérlege két futás és két hatodik hely volt. Kétévesen 1400-1600 méteren versenyzett IV. kategóriás/ osztályú versenyekben. MSTN genotípusa alapján T/T, azaz hosszútávú ló volt, külleme és testfelépítése alapján, azonban nem volt tipikus stayer alkat. A mindaddig rövidtávra készített és futtatott mén egyhónapos pihenő után januártól nyolchetes előkészítő (PC – pre-conditioning) munkát kapott, melynek során heti öt napon, változó irányban (jobb kézre, bal kézre) teljesített napi 3000-4000 m-t átlagosan 15-25 km/h (lassú-közepes) sebességgel. A bemelegítés és levezetés lépés-ügetés jármódokban összesen 20 percet vett igénybe minden alkalommal. Emellett az egyed napi 1 órát töltött jártatógépen, lépés jármódban, váltott kézre. Karámba nem járt a tesztidőszak alatt. Márciustól hosszútávú kondicionálómunkát végzett (CW – conditioning work), mely időszak alatt heti 6 napot dolgozott: a 3 napos hosszú, lassú kondicionálómunka kiegészült heti 3 napos intervallum (IT) tréninggel. Utóbbi során a 20 perces bemelegítő-és levezető időszak mellett 4x400 m-t edzett közepes-magas tempóban (átlagosan 25-30 km/h) abszolválta szakaszokkal, mely szakaszok között 2 perces pihenőidő volt lépés jármódban. A versenyidőszak (RP – race period) alatt 2 nap PC, 2 nap IT és 1-2 nap sprintmunkát kapott a telivér. A sprintmunka 1600 m-en zajlott, ahol az utolsó 200-300 m-t végsebességen tette meg a ló. A sprint során, kizárólag a verseny előtti héten ment kilovagolt (kézzel vagy ostorral ösztönzött lovaglás) munkát. A verseny hetében (házánkban vasárnaponként rendezik a galoppversenyeket) a megfelelő regenerálódás érdekében az utolsó RP munkát legkésőbb pénteken kapta minden egyed.

Pedigréadatok

- Beltenyésztettség: Mr. Prospector: 4S X 5S, Riverman: 5S X 5D
- Dosage Profil: 1 3 4 0 0
- Dosage Index: 3.00
- Center of Distribution: +0.63

4.7.2. 257 – Next Page (Epaulette (AUS) – Next Door (IRE))

A vizsgálat kezdetén kétéves ír import kanca egyszer futott, IV. osztályban, 1600 m-en 4. helyezést ért el. MSTN genotípusa C/T volt, azaz középtávú és előzetesen ennek megfelelően készítették

miller versenyekre. Testfelépítése jól tükrözte a genotípusát. Egy hónapos pihenőt követően januártól azonos alapozó, azaz PC időszakban részesült, mint a 256-os és 258-as laborszámú telivér, az asszimetrikusságot elkerülve a kiszabott távot szintén változó futási irányokban teljesítve. A napi munka egyórás jártatógépezéssel egészült ki (váltott kézen), karámba viszont nem járt. A márciustól kezdődő 3 hetes CW szakasz alatt a hosszútávú munkák helyett középtávú szakaszokat (1600-2000 m) teljesített 3 napon egységesen közepes (átlagosan 20-25 km/h) sebességgel, 3 napon 1600 m-es távot három szakaszra osztva, 2x2 perc pihenőidővel (lépésben) közepes-magas tempóban (25-30 km/h). Az RP periódus alatt 2 nap IT munka, nap CW munka magas tempóban és 2 nap sprintmunka volt a heti edzésösszetétel. A sprintmunka és a kilovagolt sprintmunka a már fentebb tárgyaltakhoz hasonlóan zajlott.

Pedigréadatok

- Beltenyésztettség: Danzig: 4S X 5D
- Dosage Profil: 0 2 4 2 0
- Dosage Index: 1.00
- Center of Distribution: 0.0000

4.7.3. 258 Szigliget (Mehmas (IRE) – Seinellanima (IRE))

A kísérletbekerüléskor a kétéves ír import kanca egyszer futott egy IV. kategóriás versenyben, 1400 m-en, ahol 5. helyezést ért el. MSTN C/C genotípusa és testfelépítése alapján is tipikus sprinter alkat, ennek megfelelően futatták előzetesen. Az egyhónapos pihenőidő után, januárban kezdte a PC munkát, ahol a másik két telivérrel megegyező felkészítést kapott. A másik két, kísérletben részvevő egyedhez hasonlóan jártatógépen töltött napi egy órát, karámba viszont nem járt. A tavasszal kezdődő CW periódus alatt maximum napi 1600 m-t teljesített 3 napot közepes (20-25 km/h) sebességgel, 3 napon intervallum edzéssel, 3x2 perc pihenőidővel (lépés jármód). Az első-és harmadik szakaszos 400 métert közepes tempóban, a második és negyedik szakaszt ún. „breeze work” tempóban teljesítette (~40 km/h). Ez utóbbi gyors tempót, de nem teljes erőbedobást, ellenőrzött sebességet jelent a gyakorlatban. Az RP szakasz 2 nap PC, 2 nap IT és 2 nap sprintmunkát jelentett. A sprint tréningek és kilovagolt sprint tréningek 1200 m-en folytak.

Pedigréadatok

- Beltenyésztettség: -
- Dosage Profil: 1 1 3 0 1
- Dosage Index: 1.40
- Center of Distribution: +0.17

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKEKELÉSÜK

5.1. Miosztatin vizsgálatok

A vizsgált állomány ($n = 145$) 34%-a ($n = 49$) volt mén, 64%-a kanca ($n = 93$) és 2%-a herélt ($n = 3$). Az egyedek 67 apaméntől és 100 anyakancától származtak. A genotípusok megoszlása (2. ábra), a következő volt:

- Rövidtávúak (C/C): 45 egyed
- Középtávúak (C/T): 84 egyed
- Hosszútávúak (T/T): 16 egyed.

A vizsgált mintán belül a tapasztalt genotípusgyakoriság megoszlása így:

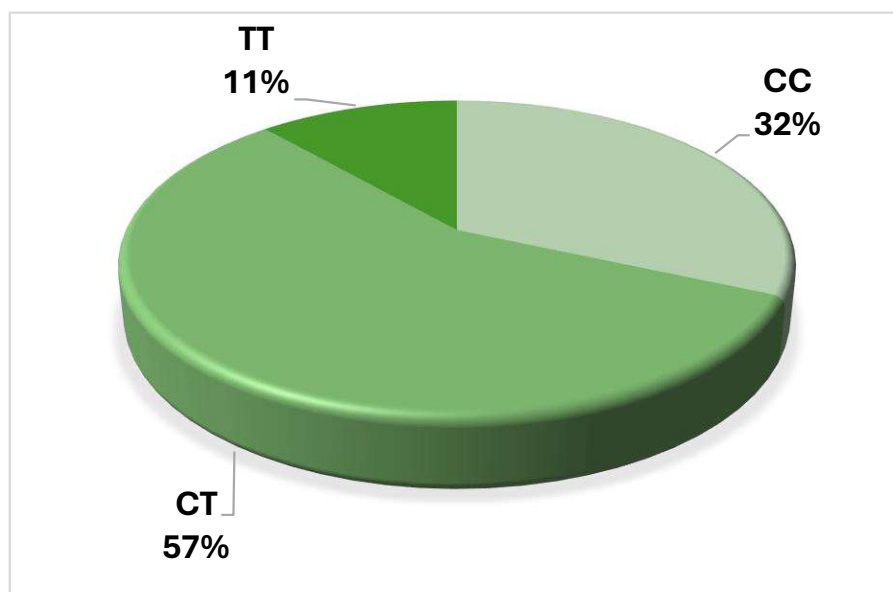
- 0,57 – C/T,
- 0,32 – C/C,
- 0,11 – T/T,

ahol a mintán belül az allélgyakoriság: 0,6 (C) és 0,4 (T) volt, a következő módon kiszámoltak szerint:

- $145 \cdot 2$ (290 – összes allél száma) = 90 (C/C) + 84 C/T = 174 = 0,6
- $145 \cdot 2$ (290) = 32 (T/T) + 84 (C/T) = 116 = 0,4

illetve

- $p^2 + 2pq + q^2 = 1$, azaz $0,57$ (168 C/T) + $0,32$ (90 C/C) + $0,11$ (32 T/T) = 1



2. ábra: Genotípusok megoszlása a vizsgált mintákban

5.1.1. Hatásvizsgálat

A GHP maximuma nem különbözött szignifikánsan ($p > 0,05$) a három csoport esetében, tehát a sikerességet nem befolyásolta a távra való alkalmasság. Az 50 tovább vizsgált egyed közül, 19 C/C egyed esetében 14-nek egyezett (73%) a legjobb távja a genotípusával. A C/T csoport esetében 15 egyezés (55%) és 12 eltérés – míg a T/T csoport esetében 3 egyezés (75%) és egy eltérés volt az eredmény. A C/C genotípusnál a legjobb táv (legjobb távnak minősül a legmagasabb osztály, amit az egyed versenykarrierje során megnyert. Pl.: Egy V. osztály és egy Gr.3 nyeres közül a Gr.3 verseny távja lesz a legjobb táv (pl.: 1200 m), azaz a Best Race Distance (továbbiakban: BRD) legjobb átlagideje (BRD-hez tartozó km/h-ban kifejezett átlagsebesség) 59,1 km/h volt (min. 55,07 km/h, max. 62,39 km/h). Ebben a csoportban a lovak 38,9%-a futott 60 km/h vagy afelett a Best Race Distance esetében. 5 galopplónál nem egyezett a BRD és az abszolút legjobb nyerőidő. A C/T csoportban a BRD átlagsebessége 58,5 km/h volt (min. 55,7; max. 61,8) és 17,2% futott 60 km/h sebességgel, vagy gyorsabban. A T/T csoportban a BRD átlag 58,1 volt (min. 54,2 km/h; max. 60,4 km/h). 20% -a volt a lovaknak képes 60 km/h felett futni. A genotípusok ez alapján igazolták, hogy a csoportokban a várt eredményeknek megfelelően a távra való alkalmasság növekedésével az átlagsebesség is csökken, azonban a három csoport között statisztikailag igazolható különbség nem mutatkozott.

A GHP átlag és GHP maximum esetében nem volt szignifikáns különbség a három genotípus egyedei között (Kruskal- Wallis nonparametric ANOVA test: $p = 0,0824$, $KW = 4,993$). A versenyzett évek számában a C/C és a C/T genotípusok egyaránt átlagosan 3 évig versenyeztek, míg a T/T genotípusok csupán 2,5 évig.

A GHP átlagnál azonban fontos megjegyezni, hogy a C/T genotípusú állatok az első 3 versenyévben jobban teljesítenek, mint a C/C vagy a T/T genotípusú lovak. A kereset tekintetében nem találtam szignifikáns különbséget a genotípusok között (Kruskal-Wallis, $p = 0,1184$; $KW = 4,267$) A kancacsaládok hatását vizsgálva kiderült, hogy a vizsgált mintában a 4-es család ($n = 6$) egyedei kereset és GHPmax tekintetében is kiemelkedőnek bizonyultak (GHPmax 60-103) a többi családhoz képest.

5.2. Ultrahang vizsgálatok

Az ultrahang vizsgálatok eredményeit az 2-4. táblázatok mutatják be. Az anconaeus izom hossza és a triceps brachii izom vastagsága szignifikáns különbséget mutatott a C/C és T/T genotípusok között. A triceps brachii esetében a C/T és a T/T genotípusok között ugyancsak szignifikáns volt a különbség (2. és 3. táblázat). A legmagasabb értékeket minden esetben a C/C állatok esetében regisztráltuk. A longissimus dorsi izom esetében a genotípusok közötti különbségek nem voltak szignifikánsak.

A lineáris regressziós elemzések azt mutatták, hogy a lineáris mérések eredményei pozitív kapcsolatban álltak a testtömeggel (LADd: $P = 0,007$, $r^2 = 0,126$; ADVd: $P = 0,001$, $r^2 = 0,197$; ASDd: $P < 0,001$, $r^2 = 0,439$; ASJd: $P = 0,035$, $r^2 = 0,078$; ADVs: $P = 0,002$, $r^2 = 0,162$; ASDs: $P < 0,001$, $r^2 = 0,244$; ASJs: $P = 0,038$, $r^2 = 0,076$; PADd: $P = 0,001$, $r^2 = 0,173$; LVDd: $P < 0,001$, $r^2 = 0,456$; LVDs: $P < 0,001$, $r^2 = 0,259$).

Szignifikáns összefüggés a testtömeggel nem volt kimutatható az allometrikus arányosítást követően egy 500 kg-os standard testtömegnél. Az LAAd nem állt kapcsolatban a testtömeggel ($P = 0,271$, $r^2 = 0,034$), de az LVIAd ($P < 0,001$, $r^2 = 0,316$) és az LVIVd ($P < 0,001$, $r^2 = 0,302$) igen. Ez a pozitív kapcsolat szintén eltűnt allometrikus arányosítás után.

A genotípusok között szignifikáns különbségeket figyeltünk meg a következő kardiológiai változók között: LADd, ADVd, ADVs, ASDd, ASDs, IVSd, ASJd. A heterozigóta állatok minden esetben a legmagasabb értékeket mutatták (11,6, 7,0, 7,4, 8,0, 8,4, 6,5 és 3,4 cm). A homozigóta állatok összehasonlításakor a C/C telivérek értékei meghaladják a T/T genotípust hordozó állatokét. A LADd, ADVd, ADVs, ASDd, ASDs és ASJd mutatók átlagértékei a C/C genotípusú egyedek esetében 0,6, 0,4, 0,5, 0,5, 0,5 és 0,4 cm-rel voltak hosszabbak a T/T genotípusú állatok értékeinél. Ami az anconeus izom hosszát és a triceps brachii izom vastagságát illeti, a C/C genotípusoknál tapasztaltuk a legmagasabb értékeket (5,5 és 10,2), (2. táblázat).

2. táblázat: A MSTN genotípusok, illetve a mért izom-és szívparaméterek közötti eltérések

Mért paraméterek	MSTN genotípusok			p érték LSD	p érték Tuckey HSD
Izomhossz - anconaeus izom	C/C		T/T	0,004	0,011
Izomvastagság – triceps brachii izom	C/C		T/T	0,000	0,000
LADd		C/T C/T	T/T T/T	0,004 0,003	0,007 0,023
ADVd	C/C	C/T	T/T T/T	0,022 0,010	0,057* 0,028
ASDd	C/C	C/T	T/T T/T	0,002 0,015	0,006 0,038
ASJd	C/C	C/T	T/T T/T	0,000 0,020	0,001 0,051*
ADV _s	C/C	C/T	T/T T/T	0,001 0,014	0,001 0,037
ASD _s	C/C	C/T	T/T T/T	0,001 0,011	0,001 0,030
IVSd	C/C	C/T C/T	T/T	0,002 0,002	0,005 0,001

A genotípusok közötti szignifikanciaszinteket minden mért paraméter esetén a fenti, 2. táblázat mutatja be, ahol a * = nincs szignifikáns különbség.

3. táblázat: A mért paraméterek átlagértékei az MSTN genotípusok tükrében

Mért paraméterek	MSTN genotípusok		
	C/C	C/T	T/T
	átlag + standard szórás		
Anconaeus izom pólyájának hossza (cm)	5,529±0,355	5,053±0,209	4,308±0,208
Triceps brachii vastagsága (cm)	10,179±0,182	9,725±0,137	8,933±0,249
Bal pitvar átmérője (diasztolé végén – cm)	11,411±0,211	11,625±0,189	10,780±0,266
Aorta átmérője a billentyűk magasságában (diasztolé végén – cm)	6,911±0,126	7,025±0,119	6,547±0,166
Aorta átmérője a Valsalva szinusznál (diasztolé végén – cm)	7,850±0,141	7,958±0,168	7,353±0,124
Aorta átmérője a Valsalva szinusz felett (diasztolé végén – cm)	6,289±0,133	6,496±0,166	5,887±0,124
Aorta átmérője a billentyűk magasságában (szisztolé végén – cm)	7,233±0,101	7,379±0,127	6,747±0,139
Aorta átmérője a Valsalva szinusznál (szisztolé végén – cm)	8,194±0,093	8,367±0,148	7,700±0,158
A kamrák közötti sövény vastagsága (diasztolé végén – cm)	3,117±0,079	3,388±0,079	3,107±0,094

A mért paraméterek különbségei és a szignifikancia szintje az MSTN genotípusok között LSD post-hoc teszttel. LADd = bal pitvari átmérő, végdiasztolé, ADVd = aorta átmérője a billentyűnél, végdiasztolé, ASDd = aorta átmérője a szinusznál, végdiasztolé, ASJd = aorta átmérője a sinotubularis régióánál, végdiasztolé, ADVs = aorta átmérője a billentyűknél, végszisztolé, ASDs = aorta átmérője szinusznál, végszisztolé, IVSd = kamrai septum vastagsága, végdiasztolé, † = nem szignifikáns különbség.

A Tukey HSD poszt-hoc tesztek esetében a p-értékek két kivétellel 0,05 alatt voltak; a LADd és ASJd mért különbségeinek szignifikanciaértékei és T/T genotípusok közötti különbségek 0,057 és 0,051 értékek voltak. A genotípusok hatását a mért paraméterekre a 4. táblázat foglalja össze.

4. táblázat: A genotípusok hatása a mért paraméterekre (Pearson-féle korreláció)

Mért paraméterek	C/C – C/T	C/C – T/T	C/T – T/T	Összes
Izomhossz - anconaeus izom (cm)	0,200	0,460**	0,406*	0,402**
Izomvastagság – triceps brachii izom (cm)	0,302	0,590**	0,445**	0,516**
LADd (cm)	0,118	0,321	0,401*	0,228
ADVd (cm)	0,102	0,304	0,367*	0,216
ADVs (cm)	0,134	0,462**	0,472**	0,294*
ASDd (cm)	0,075	0,423**	0,391*	0,253
ASDs (cm)	0,142	0,450**	0,437**	0,269*
ASJd (cm)	0,144	0,364*	0,395*	0,203
IVSd (cm)	0,350*	0,015	0,346†	0,011
** : p < 0,01	* : p < 0,05			

Ezen eredmények segítségével jobban megérthető az MSTN gén hatása az angol telivérek versenyképességére és szerepe a vázizomzat kialakulásánál. Munkánk elsőként szolgáltat olyan adatokat, amelyek az angol telivér fajta miosztatin genotípusa, valamint az izomzat fejlettsége és a szívteljesítményt meghatározó egyes paraméterek között fennáll. Adataink bizonyítják, hogy a telivérek miosztatin típusának meghatározása segítséget nyújt az idomároknak (trénereknek) az egyes versenytávok optimális megválasztásához és ahhoz legjobban illő tréningmódszerek kiválasztásához.

5.3. Szőrforgók vizsgálata

Eredményeink alapján a szőrforgók elhelyezkedése (5. táblázat) azt mutatta, hogy a vizsgált test bármely részén a cirkuláris szőrforgók gyakoribbak voltak, mint a lineárisak, de elhelyezkedésük hasonló mintázatot követett. A hazai telivér versenylovak mindegyikének ($n_{l6}=31$) volt legalább egy cirkuláris szőrforgó a fején, a testén (nyak és horpasz), míg a végtagokon csak 25,8%-nak (8 ló) volt cirkuláris szőrforgója. Ezzel szemben csak 12 (38,7%) lónak volt legalább egy lineáris szőrforgó a fején, 77,4%-nak ($n_{l6}=24$) a testén, azonban a végtagokon egyetlen lineáris szőrforgó sem volt megtalálható. A lovak fején a cirkuláris szőrforgók számának átlaga 1 [1,3], a lineáris szőrforgóké pedig 0 [0,3] volt. A fejen található összes szőrforgó (mind a körkörös, mind a lineáris) átlaga 2 [1,6] volt. A lovak testén (a fejet nem számítva) a cirkuláris szőrforgók számának átlaga 5 [2,7], a lineáris szőrforgóké pedig 1 [0,5] volt. A szőrforgók (cirkuláris és lineáris) teljes számának átlaga a testen (a fejet nem beleértve) 6 [2,10] volt. A vizsgált 31 ló fején összesen 60 szőrforgó volt (42 cirkuláris és 18 lineáris), amelyek 73,3%-a ($n_{szforgo}=44$) a fej felső részén helyezkedett el, 23,3%-a ($n_{szforgo}=14$) a szemek között, és csak 2 (0,03%) a fej alsó részén (6. táblázat). A 60 szőrforgóból 61,7% ($n_{szforgo}=37$) a fej közepén, 23,3% ($n_{szforgo}=14$) a bal oldalon, 15,0% ($n_{szforgo}=9$) pedig a jobb oldalon volt. A ló testén (nyak, törzs és oldalak) a 31 vizsgált lónak összesen 182 cirkuláris- és lineáris szőrforgója volt, 39,6% ($n_{szforgo}=72$) a bal oldalon, 22,5% ($n_{szforgo}=69$) a jobb oldalon és 37,9% ($n_{szforgo}=41$) középen. A végtagokon a 31 lónak összesen 12 cirkuláris szőrforgója volt, de egyetlen lineáris sem, 41,7% ($n_{szforgo}=5$) a bal lábakon, 58,3% ($n_{szforgo}=7$) a jobb lábakon.

A fejen a 41 körkörös szőrforgóból 21 db volt radiális (51,21%), 11 (26,8%) az óramutató járásával ellentétes irányú és 9 (21,95%) az óramutató járásával megegyező irányú. A bal oldalon lévő cirkuláris szőrforgók 60,0%-a (3/5) az óramutató járásával ellentétes volt, 33,3%-a (4/12) a jobb oldalon lévő szőrforgóknak az óramutató járásával megegyező irányú, 66,7%-a (16/24) pedig a közepén lévő szőrforgóknak radiális volt.

A testen (nyak, törzs és oldalak) az összesen 135 körkörös szőrforgóból 6 db volt radiális (4,4%), 66 (48,9%) az óramutató járásával ellentétes irányú és 54 (32,7%) az óramutató járásával megegyező irányú. A bal oldalon lévő cirkuláris szőrforgók 87,9%-a (51/58) az óramutató járásával ellentétes irányú volt, a jobb oldalon lévők 87,5%-a (49/56) az óramutató járásával megegyező irányú, a közepén lévők 52,4%-a (11/21) pedig radiális volt. A lábon az összesen 12 kör alakú szőrforgóból egyetlen sem volt radiális, 5 (41,7%) az óramutató járásával ellentétes irányú, 7 (58,3%) pedig az óramutató járásával megegyező irányú volt. A bal lábon lévő körkörös szőrforgók 28,6%-a (2/7) az óramutató járásával ellentétes irányú volt, a jobb lábon lévők 40,0%-a (2/5) pedig az óramutató járásával megegyező irányú.

5. táblázat: A vizsgált 31 hazai angol telivér versenyelő körkörös és lineáris szőrforgóinak száma és százalékos aránya (zárójelben) az egyes helyeken (fej, nyak, törzs, oldal és végtagok).

Elhelyezkedés	Típus	Nincs szőrforgó	Fent, jobbra	Fent, középen	Fent, balra	Szemek között	Lent, jobbra	Lent, középen	Lent, balra
Fej	Cirkuláris	0 0,00%	5 16,13%	16 51,61%	11 35,48%	8 25,81%	0 0,00%	1 3,23%	1 3,23%
	Lineáris	19 61,29%	4 12,90%	6 19,35%	2 6,45%	6 19,35%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%
Test, nyak, torzó		Nincs szőrforgó	Jobb	Közép	Bal				
	Cirkuláris	0 0,00%	31 100,00%	21 67,74%	31 100,00%				
	Lineáris	9 29,03%	11 35,48%	20 64,52%	7 22,58%				
Oldalak		Nincs szőrforgó	Jobb	Bal					
	Cirkuláris	2 6,45%	25 80,65%	27 87,10%					
	Lineáris	23 74,19%	5 16,13%	4 12,90%					
Lábak		Nincs szőrforgó	Jobb, mellső	Bal, mellső	Jobb, hátsó	Bal, hátsó			
	Cirkuláris	23 74,19%	4 12,90%	6 19,35%	1 3,23%	1 3,23%			
	Lineáris	31 100,00%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%			

6. táblázat: A szőrforgók száma és százalékos aránya a vizsgálatba vont hazai angol telivér versenylovaknál

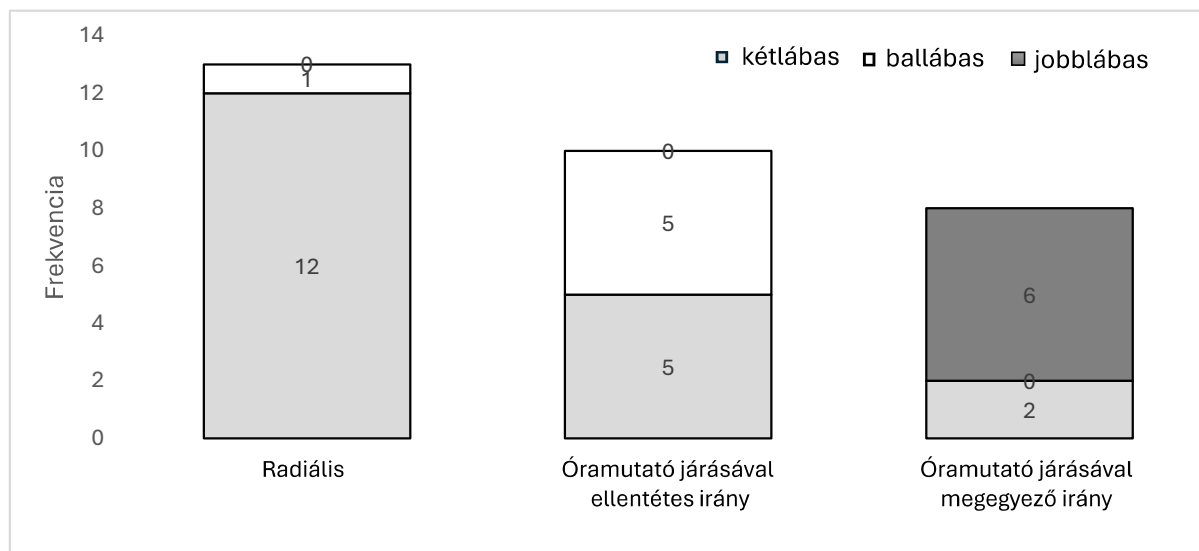
Körkörös szőrforgók száma a fejen	No. (%)	Körkörös szőrforgók pozíciója a fejen	No. (%)	Körkörös szőrforgók pozíciója a fejen	No. (%)
1	21 (67,74%)	Fent	21 (+ 3 állat, fent és középen is) (67,74%)	Balra	6 (19,35%)
2	9 (29,03%)	Középen	5 (16,12%)	Középen	14 (45,16%)
3	1 (3,23%)	Lent	1 (3,23%)	Jobbra	1 (3,23%)
4 vagy több	0	Többszörös	4 (12,90%)	Többszörös	10 (32,25%)

5.4. Karámteszt

A 31 ló 25,81%-ának (n=8) nem volt semmilyen oldalpreferenciája, amikor elfordult a vizsgálatot végző személytől, 54,84%-a (n=17) az esetek több mint 80%-ában balra, 19,36%-a (n=6) pedig az esetek több mint 80%-ában jobbra fordult.

A vödörtől való távolodáskor 45,16%-nál (n=14) elforduláskor nem volt oldalpreferencia, 32,26%-nál (n=10) az esetek 80%-ában inkább fordult balra, és 22,58% (n=7) az esetek 80%-ában inkább fordult jobbra. A vödörből való evéskor 41,94%-nak (n=13) nem volt semmilyen oldalpreferenciája (előre tett láb vonatkozásában). Ugyanakkor 32,26% (n=10) az esetek több mint 80%-ában a bal első lábat, 25,81% (n=8) pedig a jobb első lábat részesítette előnyben.

Szignifikáns összefüggés volt a körkörös szőrforgók orientációja és a lábak preferálása között a vödörből való evés alkalmával ($\chi^2=28,532$, $p<0,001$). Azon 19 ló közül, amelyeknek nem volt lábpreferenciájuk („kétlábasként”), 63,15%-nak (n=12) vagy radiális szőrforgók voltak a fején (vagy egyszerre az óramutató járásával megegyező és az óramutató járásával ellentétes irányú). Azon 6 ló közül, amelyek a bal első lábat szívesebben tette előre („ballábasként”), 83,33%-nak (n=5) az óramutató járásával ellentétes irányú forgók voltak a fején (vagy az óramutató járásával ellentétes irányú és sugárirányú, de nem az óramutató járásával megegyező). Azon 6 ló közül, amelyek a jobb első lábat szívesebben tette előre („jobb lábasként”), 100,00%-nak (n=6) volt az óramutató járásával megegyező irányú (vagy az óramutató járásával megegyező és sugárirányú, de nem az óramutató járásával ellentétes) szőrforgója a fején (3. ábra).



3. ábra: A mindkét oldali (ambidextrous), ill. bal (left) vagy jobb (right) láb preferenciáját mutató lovak gyakorisága a karámteszt során (evés a vödörből) és a körkörös szőrforgók orientációja (sugárirányú - radial, az óramutató járásával ellentétes)

5.5. Temperamentum vizsgálat

A barátságosság ($p=0,006$, $r=0,484$) és az idomíthatóság ($p=0,014$, $r=0,436$) pontszámok szignifikáns és pozitív korrelációt mutattak a lovon talált szőrforgók (mind a fején, mind pedig a testen és a lábakon található lineáris és kör alakú szőrforgók) számával.

A barátságossági pontszám szignifikánsan magasabb volt ($p=0,031$) azoknál a lovaknál, amelyeknek mind a fején, mind a testen legalább egy lineáris szőrforgó volt látható, mint azoknál, amelyeknek a teste egyik részén sem volt lineáris szőrforgó. A barátságossági pontszám átlaga 20,3 (8,2), 25,7 (6,2) és 29,2 (4,7) volt azoknál a lovaknál, amelyeknek nem volt lineáris szőrforgójuk, amelyeknek legalább egy lineáris szőrforgójuk volt akár a fejükön, akár a testükön, illetve azoknál a lovaknál, amelyeknek mind a fejükön, mind a testükön volt legalább egy lineáris szőrforgó.

A szorongási pontszám szignifikánsan magasabb volt ($p=0,049$) a sárga lovak körében a többi lóhoz képest. Ezek szorongási pontszámának átlaga ugyanis 41,7 (9,4) volt, míg a többieké 32,5 (10,8). A szorongási pontszám és a szőrforgók száma nem állt szignifikáns kapcsolatban ($p=0,156$).

Az egyéb mért paraméterek egyike sem gyakorolt szignifikáns hatást a vizsgált temperamentumjellemzőkre ($p>0,05$).

Minden állatnak megvan a maga egyedi szőrforgó mintázata, amely élete során tartósan vele marad, ezért ezt a lovak (fenotípusos) azonosításának egyik formájaként is használják más adatok és a DNS-azonosítás mellett (Murphy & Arkins, 2008). Míg a szakemberek általában csak a lovak főbb forgóit rögzítik, mi a test összes szőrforgóját részletesen dokumentáltuk. A harmincegy vizsgált egyed mindegyikének volt legalább egy körkörös szőrforgó a fején (100%), ezzel szemben a végtagjain csak kevés állatnak volt (25,8%). Ez összhangban van Encina et al. (2023) eredményeivel, ahol a PRE lovaknál ez 95%, illetve 16% volt. A legújabb tanulmányok azt mutatják, hogy az óramutató járásával ellentétes irányú körkörös szőrforgó gyakoribb a PRE lovaknál (Encina et al., 2023), mint Japánban az angol telivéreknél (Yokomori et al., 2019). A körkörös szőrforgók főként a fej bal oldalán, a szemek középvonala alatt találhatóak (Encina et al., 2023).

Vizsgálatunkban a legtöbb lónál radiális-körkörös szőrforgókat figyeltünk meg, és ezek gyakoribbak voltak a fej felső részén, ami összhangban van Yokomori et al. (2019) megállapításaival. Emellett a mi vizsgálatunkban a körkörös szőrforgók gyakoribbak, mint a lineárisak. A tanulmányok túlnyomó többsége azonban nem különíti el a két csoportot (lineáris és körkörös szőrforgók), vagy nem tisztázza, hogy a lineáris és körkörös szőrforgókat együtt vagy külön számolják (Murphy & Arkins, 2008, Abdel-Azeem & Emeash, 2021). A szőrforgók teljes

számát tekintve az általunk vizsgált lovaknak összesen több szőrforgójuk volt, ill. több szőrforgójuk volt a fej tetején (a szemmagasság felett, $n=24$, 77,4%; a szemek között, $n=8$, 25,8%; a szemmagasság alatt, $n=2$, 6,5%), a Shivley et al., 2016, Lima et al., 2021, és Encina et al., 2023 által ismertetettnél. Leggyakrabban csak egy szőrforgó ($n=19$, 61,3%) fordult elő a fejen, akárcsak más szerzők vizsgálatában (Górecka et al., 2007, Lima et al., 2021). Másrészt a lineáris szőrforgók jelenléte a fejen magas volt ($n=13$, 41,9%) a mintáinkban, csakúgy, mint a lineáris szőrforgók jelenléte a testen, beleértve a fejet és más testrészeket is ($n=25$, 80,6%). Összefüggést találtunk a szőrforgók testen való elhelyezkedése és a szőrforgók forgásiránya között. Megfigyeléseink szerint a test jobb oldalán lévő szőrforgók leggyakrabban az óramutató járásával megegyező irányúak, a test bal oldalán lévő szőrforgók általában az óramutató járásával ellentétes irányúak, a test közepén (a nyakon) lévők pedig leggyakrabban sugárirányúak.

A szőrforgók kialakulásának genetikai mechanizmusa nem világos, és arról sincsenek pontos tudományos információk, hogy kialakulásukban milyen szerepet játszanak a környezeti tényezők (Willems et al., 2023). Vizsgálatainkban pozitív összefüggést találtunk a tréningezhetőség, a barátságosság és a testen lévő szőrforgók száma között. Minél több cirkuláris szőrforgót figyeltünk meg egy egyednél, annál inkább barátságosnak és könnyen kezelhető lónak bizonyult.

Versenyllovaknál a motoros lateralitás a kanyarodási képességen (bizonyos lovak kanyarban lassabbak) és a sebességen keresztül befolyásolhatja a sportteljesítményt (Warren-Smith & McGreevy, 2010). Például: a veleszületett motoros lateralitás megértésének képessége segíthet a szakembereknek a megfelelő edzésprogram vagy versenypálya kiválasztásában (a versenypályákon a versenyeket az óramutató járásával megegyező vagy ellentétes irányban rendezik). Továbbá képesek lesznek új edzés módszereket alkalmazni az egyedek egyensúlyának javítása érdekében, vagy dönthetnek egy olyan telivér átképzése mellett, amely a motoros lateralitás miatt nehezen teljesít magasabb szinten.

Paddock-kísérletünket 2024 januárjában végeztük, a legtöbb lovunk fiatal volt (2 éves $n=12$, 3 éves $n=16$). Azt találtuk, hogy a lovak 54,84%-a bal oldali preferenciát mutatott, amikor elfordult az embertől. Nem volt azonban jelentős különbség a preferált oldal vonatkozásában, amikor lehajolnak enni. McGreevy & Thomson (2006) szerint a motoros lateralitás az életkor előrehaladtával egyre hangsúlyosabbá válik. Egy másik tudományos közleményben McGreevy & Rogers (2005) megállapította, hogy a 2 évesnél idősebb telivérek szignifikánsan lateralizáltabbak voltak, mint az egyévesek, és mindkét korcsoportban nagyobb volt a bal láb preferenciája, mint a jobb lábé. A vizsgálatunkban szereplő telivérek a fejen lévő szőrforgók irányával megegyező elülső lábat preferálták (pl.: az óramutató járásával megegyező irány estén a lovak inkább a jobb elülső lábukat használták). Ez egy fontos összefüggés, mivel a szőrforgók örökölhetősége (h^2) magas (Górecka et al., 2007), így elméletileg az oldalpreferencia is örökölhető. Ennek megfelelően

a tenyésztők olyan lovat tenésztethetnének, amelynek motoros lateralitása megfelel az aktuális igényeknek (pl. Magyarországon az egyetlen működő versenypálya az óramutató járásával megegyező irányú, ezért a tulajdonosok „jobbkezes” vagy „kétkezes” lovakat szeretnének). Sajnos a mai napig nem született olyan tanulmány, amely a motoros lateralitás örökölhetőségét vizsgálta volna, annak ellenére, hogy több szerző már régóta további tanulmányokat sürget ezen a területen (Grzimek, 1968, Drevemo et al., 1987).

A különböző lófajták létrehozása során a mesterséges szelekció biztosította a kedvező tulajdonságok rögzülését. A telivérek esetében az úgynevezett „matcheken” (csak két ló versenyzett bizonyos távolságon) kiváló sebességgel rendelkező egyedek voltak a legalkalmasabbak a további tenyésztésre. Ezek a lovak általában versenyképesebbek és temperamentumosabbak voltak, mint társaik. A telivéreket napjainkban is temperamentumos, izgatott lovaknak tartják, és valóban érzékenyebbek más fajták egyedeihez képest (Sackman & Houpt, 2018). Egy másik szelekciós tényező a szőrszín volt, ahol a mutatós, szép megjelenésű lovakat részesítették előnyben (Avila et al., 2022). A közhiedelem szerint a sárga színű lovak merészebbek és érzelmileg következetlenebbek a többiekénél. Finn et al. (2016) dokumentálták, hogy a sárga szőrű lovak bátrabbak voltak, mint a pejek, valamint nagyobb gyakorisággal közelítették meg az újszerű tárgyakat. Jelen vizsgálatban is megállapítottuk, hogy a sárga lovak szorongóbbak voltak, mint a többiek.

5.6. Tréning módszer-kísérlet

Copadelmundo a klasszikus pedigréelemzés alapján, Mr. Prospectorra való beltenyésztettsége alapján kiváló sebességprofil (center of distribution), küzdőszellemet és kitartást hordoz (Chong, 2014). A dosage profil és dosage index szerint leginkább a rövidebb klasszikus (közép-hosszútávra) távokra alkalmas (~1900-2200 m). A MSTN genotipizálás alapján T/T, vagyis hosszútávú versenyló. A három kategória között (rövid-, közép-és hosszútáv) van átfedés a tréningmetódus, mint környezeti tényező befolyása miatt, de egy T/T genotípusú egyed nem lesz képes magas (elit vagy black type) szinten teljesíteni a sprinterek között (Hill et al., 2010a). A mén az új tréningben folyamatos javulást mutatott, annak ellenére, hogy erősen növésben volt. Hároméves szezonját kisebb kategóriákban (V. kategória) II. helyezéssel majd győzelemmel nyitotta 1600 m-en, azaz középtávon április-május hónapokban. Ezt követően a Hármaskorona első versenyét célozta meg a menedzsment – az 1600 m-es Nemzeti Díjat –, ahol a hároméves évjárat legjobb középtávú lovai elsőként mérik össze erejüket. Ezen a versenyen a telivér 10. helyen ért célba, majd később a versenyt követő pihenőidő után tréningben súlyos balesetet szenvedett, melynek során a lábát több helyen varrni kellett. Ez a balszerencse lehetetlenné tette a

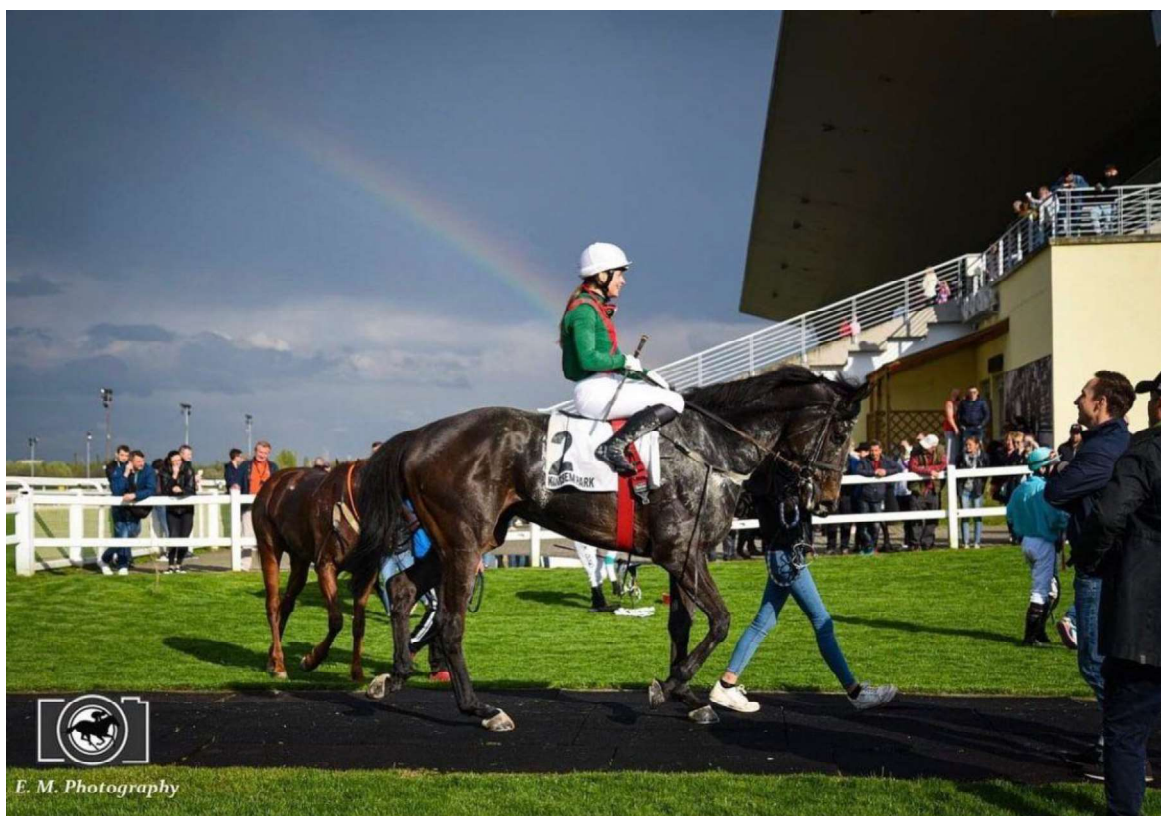
Triple Crown második ágában, a Magyar Derby-ben való szereplést (minden év legjelentősebb versenye a hároméves évjárat számára). A sérülésből felépülve újra munkába állt, azonban nem volt egyértelmű, hogy a korábbi sérülése engedni fogja-e a versenyzést hosszútávon. Ezen aggodalmak nyomán a regenerálódást követő első megmérettetés egy 2200 m-es III. osztályú verseny volt, ahol a telivér győzelemmel tért vissza. A cél ekkor már világos volt: a Hármaskorona harmadik ága, a Magyar St. Leger. Ennek érdekében szintén egy 2200 m-es felkészülőverseny következett (III. osztály), ahol „Copa” 4. helyen ért célba. A versenytapasztalat (limitált végsebesség) és a tréningmunka ekkor már azt mutatta, hogy genotípusának megfelelően a telivér rendkívül acélos, kitartó, szinte akármeddig képes galoppozni fáradtság nélkül, azonban nincs benne nagy végsebesség. Emiatt az őszi meeting előtt minimálisan változott az eredeti tréningprogram és ismét a hosszú munkák kerültek túlsúlyba, tovább erősítve a ló kitartását.

A hazai szezon zárásaként a St. Legerben az tréner és a lovas merész taktikát alkalmazva a startot követően elment vezetni, így előnyt szerezve a mezőnnyel szemben. A lovak kevesebb esetben tudnak végig vezetni egy verseny folyamán, hiszen a kezdeti nagy sebességet kifulladás, fáradás követi. A sok „tüdőmunka” azonban megtette hatását, Copadelmundot (8. kép) a verseny során nem érték utol, fölényes 5 hosszal nyerte a futamot, ezzel élete legjobb formáját futva. A hároméves a 2021-es generálhendikep-lista legmagasabbra értékelt (GHP 73,5) lova lett korosztályában.



8. kép: Copadelmundo (T/T) Magyar St. Leger győzelme (ZL Photos)

Next Page (9. kép), aki Danzig-ra beltenyésztett a klasszikus pedigré elemzés alapján kiemelkedő végsebességet és sokoldalúságot (általában gyep-és homokpályán is eredményesek) hordoz magában. A dosage profil, dosage index és a center of distribution alapján is „született miler”, kiegyensúlyozott sebesség-és kitartás profillal. Ezeket a MSTN genotipizálás eredményei is alátámasztották, a kanca C/T genotípust mutatott. Hároméves szezonya elején negyedik hellyel mutatkozott be a hároméveseknek rendezett, Gd-3 besorolású kiemelt versenyben, a Hazafi Díjban, majd egy második hely következett egy kisebb kategóriás versenyben (IV. kat). Genotípusa és tréningmunkája ellenére Next Page-t hosszú távon is kipróbálta a menedzsment, a 2000 m-es Gd-2 besorolású versenyben 12. helyen végzett. Ezt szintén gyengébb szereplés követte 1400 m-en (IV. kategória), majd az év végéhez közeledve, ismét visszatérve a „miler távhoz” két 1600 m-es versennyel, egy második hellyel és győzelemmel zárta a szezont. GHP 68-as számával a 2021-es generálhendikep-lista harmadik legmagasabbra értékelt kancája lett a korosztályában.



9. kép: Next Page (C/T) a győztesek körében (E.M. Photography)

Szigliget (10. kép) pedigreje alapján sprinter és miler felmenőkkel rendelkező, rövidtávra alkalmas, inkább gyors, de nem kiemelkedő végsebességű kanca. MSTN genotípusa alapján sprinter. Kétévesen egyszer futott 1400 m-en, ötödik helyen ért célba. A kifejezetten kistermetű kanca a szezon elején győzelemmel mutatkozott be középtávon (1600 m), majd a menedzsment a siker miatt úgy döntött, ezen a távon is folytatja a versenyzést. A Hazafi Díjban 1600 m-en egy 7. hely következett, majd alacsony kategóriás versenyben (V. kategória) 3. helyezést ért el. Utolsó versenyét júniusban futotta 1600 m-re, ott 8. helyen zárt. A tréning során többször fájdalommal küzdött a kanca, így nyár elején a tulajdonosok kivizsgáltatták. A röntgenvizsgálat olyan fokú „*kissing spine*”-t mutatott, aminek következtében Szigliget befejezte versenykarrierét.



*10. kép: Jobbra Copadelmundo, balra Szigliget győzelem után
(Magyar Lovaregylet)*

6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Munkám kezdetekor arra kerestem a választ, hogy a miosztatin génpolimorfizmusa hogyan befolyásolja az egyed karrierét és a várt, legjobb távra való alkalmasságot. Ennek kiderítése először a vizsgált állomány genotipizálásán keresztül vezetett. Az említett vizsgálat végeztével az eredményeket összevettem az adatbázisokból nyerhető versenyadatokkal. Az adatokat a GraphPad InStat, Microsoft Office Excel szoftverekkel, valamint az IBM SPSS Statistics Viewer 23-as verziójával végeztem. A vizsgált lovak mindegyike a Bábolna Nemzeti Ménesbirtok dióspusztai ménesében állt, vagy az alagi Versenyló Tréningközpontban volt idomításban. Ötven mintát tovább vizsgálva kiderült, hogy a lovak több, mint felének (64%) igazolta a múltbéli versenykarrierje a genotípusát. A fennmaradó esetek (18 egyed) túlnyomó részében (83%) a telivéreknél nem volt lehetőségük a számukra genetikailag leginkább megfelelő távra futni, vagy túl rövid volt a versenyben eltöltött idejük ahhoz, hogy bizonyítsák az előzetesen várt legjobb versenytávra (BRD) való alkalmasságukat. A kereset, a GHP maximuma, illetve a GHP átlaga között nem volt szignifikáns eltérés a 3 csoport esetében, míg a versenyben eltöltött évek és a GHP átlagok között eltérés mutatkozott a C/T genotípus javára. Ebbe a csoportba tartozó lovak az 1-3. versenyévükben magasabb GHP átlagot értek el, mint a másik két genotípus egyedei. Az eredményeknél az ivart, mint versenyteljesítményt befolyásoló tényezőt kizártam, ugyanis a ménesben lévő apamének black type lovak voltak, amelyek kiemelkedő képességük révén torzították volna a kapott eredményeket. Az állomány 57%-a volt C/T heterozigóta, 32%-a C/C homozigóta és csupán 11% volt T/T homozigóta. Az allélok megoszlása 60% C/C és 40% T/T volt.

A vizsgált 50 galoppló esetében 18-nál nem egyezett meg a genotípus és a legjobb táv. Ennek oka többek között az volt, hogy 10 egyedet meg sem próbáltak a számára megfelelő távon futtatni pályafutása során, illetve 5 további esetben befejezték 1 vagy 2 versenyév után karrierjüket a telivéreknél, tehát nem volt elég idejük bizonyítani a versenypályán. A jövőben elsődleges célom egy nagyobb állomány vizsgálata lenne a genotípusok jobb kiegyenlítetttsége miatt. Emellett biopsziás izomvizsgálatot is szeretnék végezni az izomrost-típusok arányának meghatározására. Ezen méréseket ki lehetne egészíteni a Momozawa et al. (2005a) által leírt etológiai tesztekkel is, melyek segítségével egy komplexebb képet kaphatnánk a sikerességet befolyásoló tényezőkről.

Az UH-vizsgálatok során kapott eredmények megerősítették Hill et al. (2010a, 2010b) megállapításait, amelyek szerint a C/C lovak nagyobb izomtömeggel rendelkező sprinterek, amelyek megnövekedett szívteljesítményt és aerob kapacitást igényelnek. Következésképpen, a

C/C telivérek már két éves korukban is sikeresebb sprinterek, mint a C/T és T/T állatok (Tozaki et al., 2011). Megállapítottuk, hogy a mért kardiális változók összefüggenek a MSTN genotípusokkal. Az aorta átmérője a Valsalva-szinusznál (diastole vége és szisztolé vége) és az aorta átmérője a billentyűnél (szisztolé vége) szignifikáns különbségeket mutatott a C/C és a T/T genotípusok között, ami arra utal, hogy a C/C állatoknál nagyobb lehet a szív teljesítménye és az aerob teljesítőképesség.

Eredményeink további kutatások alapjául szolgálhatnak, mivel korábbi irodalmi adatok az MSTN genotípusok izomméretre gyakorolt hatásáról és a szív szerkezetre gyakorolt hatását illetően nem álltak rendelkezésre. A jövőben érdemes a vizsgált paramétereket nagyobb állományon is megismételni, kiegészítve az adatokat spirometriás vizsgálatokkal.

A telivéreknél a test minden részén a cirkuláris szőrforgók dominánsabbak, mint a lineárisak, azonban a legtöbb vizsgált lónak legalább egy lineáris szőrforgója volt. A lovak többségénél a fej tetején alakultak ki kör alakú szőrforgók. Pozitív korrelációt találtunk a barátságosság, a képezhetőség és a cirkuláris szőrforgók száma között. Minél több cirkuláris szőrforgó volt megfigyelhető egy állat testén, annál inkább barátságos, könnyen tréningezhető egyedként tartották számon. A fejen található szőrforgók iránya és a motoros lateralitás közötti összefüggést is bizonyítottuk. Bizonyítékot találtunk arra is, hogy a sárga szín és a viselkedés összefügg, különösen a csikóknál. A sárga szőrszínnel rendelkező lovak vizsgálataink alapján szorongóbbak voltak bármely más színű társaiknál. A sárga szín és a viselkedés között kutatók ugyanakkor korábban is kapcsolatot véltek felfedezni (Jacobs et al., 2016). Minden más tényező, mint például az ivar, a fej felső részén lévő cirkuláris szőrforgók jelenléte, a cirkuláris szőrforgók pontos elhelyezkedése a fejen, a cirkuláris szőrforgók irányultsága, a lineáris szőrforgók jelenléte és a lábak preferálása nem befolyásolta szignifikánsan a vizsgált személyiségjegyeket.

A jövőben érdemes lenne ezeket a tényezőket nagyobb kísérleti populáción vizsgálni. Fontos előrelépést jelentene a szőrforgók kialakulásának genetikai hátterét megismerni, ill. meghatározni azokat a géneket, amelyek szerepet játszanak ebben a folyamatban.

A tréning módszer tesztelése izgalmas eredményeket hozott, két genotípusnál is szignifikáns javulást értünk el a teljesítmény tekintetében. Az elenyésző egyedszám (n=3) miatt azonban ez a vizsgálat inkább egy kitekintés, így további kutatásokat igényel, hogy megerősítsük az eredményeket és bővebb egyedszámmal is alátámasszuk a tréning módszer hatékonyságát. Az itt elért eredmények alapján nem csak hasznos és érdemes lenne nagyobb mintával is megismételni a kísérletet, de célszerű lenne az IT tréninget HRV (szívfrekvencia) – és laktátméréssel, illetve spirometriás vizsgálatokkal is kiegészíteni.

7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Elsőként vizsgáltam az MSTN polimorfizmust hazai angol telivéreknél és meghatároztam a genotípusgyakoriságot a hazai állományban (C/C– 0,32; C/T–0,57; T/T–0,11).
Igazoltam, hogy a várt eredményeknek megfelelően a távra való alkalmasság növekedésével az átlagsebesség csökken.
2. Ultrahangvizsgálat alapján az anconaeus izom hossza és a triceps brachii izom vastagsága szignifikáns különbséget ($p < 0,05$) mutatott a C/C és T/T genotípusok között. A triceps brachii esetében a C/T és a T/T genotípusok között ugyancsak szignifikáns ($p > 0,05$) volt a különbség. A legmagasabb értékeket minden esetben a C/C állatok esetében regisztráltuk.
3. A vizsgált MSTN genotípusok között szignifikáns különbségeket állapítottam meg a következő kardiológiai változók között: bal pitvari átmérő, végdiasztolé (LADd), aorta átmérője a billentyűnél, végdiasztolé (ADVd), aorta átmérője a billentyűnél, végszisztolé (ADVs), aorta átmérője a szinusznál, végdiasztolé (ASDd), aorta átmérője a szinusznál, végszisztolé (ASDs), az interventricularis septum diasztolé (IVSd), aorta átmérője a sinotubularis régiónál, végdiasztolé (ASJd). A heterozigóta állatok minden esetben a legmagasabb értékeket mutatták (az előző felsorolás sorrendjében: 11,6, 7,0, 7,4, 8,0, 8,4, 6,5 és 3,4 cm). A homozigóta állatok összehasonlításakor a C/C telivérek értékei meghaladják a T/T genotípust hordozó állatokét.
4. Megállapítottam, hogy angol telivéreknél a test jobb oldalán elhelyezkedő szőrforgók leginkább az óra járásával megegyező irányúak, míg a test bal oldalán találhatók az óra járásával ellentétesek. A test középső részén (nyakon) található szőrforgók többnyire radiálisak.
5. Megállapítottam, hogy angol telivéreknél a cirkuláris szőrforgók gyakoribbak a lineárisoknál, bár a legtöbb állat rendelkezett legalább egy lineáris szőrforgóval. A cirkuláris szőrforgók leggyakrabban a fejen helyezkednek el. Pozitív összefüggést állapítottam meg a testen és a fejen található cirkuláris szőrforgók száma és a barátságosság, illetve tréningezhetőség között. A szőrforgók számának növekedésével az említett tulajdonságok javulhatnak.

6. Igazoltam, hogy a fejen található cirkuláris szőrforgók iránya és a motoros lateralitás közötti összefüggést angol telivér fajtában. A vizsgálatban az állatok a szőrforgók forgási irányának megfelelő lábukat preferálták.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Az angol telivéreket – körülbelül 300 évre visszanyúló nemesítésük során – olyan strukturális és funkcionális adaptációra tenyésztették, amelyek nagyban hozzájárulnak az atletikus fenotípus kialakulásához. Jól ismert tény, hogy a versenyképesség egy nehezen meghatározható tulajdonság, értékelésénél több paramétert is figyelembe kell venni. A tréning és takarmányozás mellett az öröklődő genetikai háttér döntő mértékben befolyásolja a kiemelkedő adottsággal rendelkező versenylovak atletikus képességeit. A telivérek esetében a versenyteljesítményt és az optimális versenytávra való alkalmasságot több gén is befolyásolja. Ezek között kiemelkedő szerepe van a miosztatinnak (MSTN), amely jelentős hatással van a testösszetételre, az izomrostok összetételére és az optimális versenytávra is. Az MSTN gén a miogenezis negatív regulátoraként ismert, már a prenatális időszakban befolyásolja az izomprekursor proliferációt és a mioblaszt proliferációt, differenciációt. Azonosították a lovak MSTN mutációit, melyek mind az izomrostok arányával, mind a versenyteljesítményt befolyásoló különböző fenotípusokkal társultak. A legfontosabb azonosított SNP a g.66493737 C>T volt, amely döntő mértékben járul hozzá a lovak legjobb versenytávjának kialakításához és három genotípust eredményez. A C/C genotípussal rendelkező lovak sprinterek. Ezen állatok kétévesen sikeresebbek a C/T és T/T genotípusú társaiknál. A T/T genotípusú egyedek, azaz az őstípusú lovak – a „stayerek”, nagy állóképességűek, hosszútávúak, karcsúbb testfelépítésűek és általában később érők, mint a sprinterek. A C/T genotípusú lovak az előző genotípuscsoportok keverékei, a „milerek”, melyek középtávon a legeredményesebbek.

A doktori értekezésem elkészítéséhez végzett kísérletes munkám egyik célja az volt, hogy a hazai angol telivérek esetében vizsgáljam a miosztatin polimorfizmust, amely kulcsszerepet játszik a versenytávra való alkalmasság- és a környezetre adott válaszreakciók kialakításában.

A vizsgált állomány (n = 145) 34%-a (n = 49) volt mén, 64%-a kanca (n = 93) és 2%-a herélt (n = 3). Vizsgálataim eredményei alapján a genotípusok megoszlása, a következő volt: Rövidtávúak (C/C): 45 egyed, középtávúak (C/T): 84 egyed, hosszútávúak (T/T): 16 egyed. A vizsgált mintán belül a tapasztalt genotípusgyakoriság megoszlása: 0,57 – C/T, 0,32 – C/C, 0,11 – T/T, ahol a mintán belül az allélgyakoriság: 0,6 (C) és 0,4 (T) volt.

A C/C genotípusnál a legjobb táv, azaz a Best Race Distance (BRD) legjobb átlagideje 59,1 km/h volt (min. 55,07 km/h, max. 62,39 km/h). A C/T csoportban a BRD átlagsebesség 58,5 km/h volt (min. 55,7; max. 61,8). A T/T csoportban a BRD átlag 58,1 volt (min. 54,2 km/h; max. 60,4 km/h). A genotípusok ez alapján igazolták, hogy a csoportokban a várt eredményeknek megfelelően a

távra való alkalmasság növekedésével az átlagsebesség csökken, azonban nem volt szignifikáns különbség a 3 csoport között a sebesség átlagának tekintetében.

Az angol telivérek kardiovaszkuláris és pulmonáris rendszerének erős teljesítménye lehetővé teszi, hogy testük megbirkózzon a nagy terhelés alatti megnövekedett oxigénigénnyel és biztosítsa számukra a testtömeghez viszonyított kiemelkedő (körülbelül 55%-os) izomtömegarányt. A megnövekedett izomtömeg és oxigénigény biztosításának igénye magával vonta a más lófajtákhoz képest nagyobb szívtömeget is, továbbá az általános méretkülönbség mellett a telivérek általában jobb szívszimmetriával rendelkeznek, mint más lófajták. Mivel versenyteljesítmény szempontjából a szív mérete döntő jelentőséggel bír, jelentős érdeklődés mutatkozik a szívizom méretének meghatározása iránt. Az ultrahangvizsgálat (UH) pontos anatómiai kiértékelést biztosít, amely feltárja a szervek és izomrostok szerkezetét, valamint az izomméretben vagy izomformákban bekövetkezett változásokat.

Az ultrahangos vizsgálat viszonylag olcsó és a legtöbb szakember számára könnyen alkalmazható, a módszert azonban még nem használták széles körben angol telivéreknél az izmok méretének meghatározására. Az ultrahangos technikák (echokardiográfia) fejlődése azonban lehetővé tette a szív szerkezetek jobb képalkotását. Ezzel a pontos, nem invazív módszerrel szignifikáns összefüggést mutattak ki a kamrai tömeg és az oxigénfelvétel/aerob kapacitás (VO_{2max}) aránya között versenylovakban. A telivérek izomtömege más lófajtákénál nagyobb. A rostok hossza és szerkezete jelentősen befolyásolja az izmok teljesítményét és reakciósebességét.

Munkánk célja az volt, hogy az MSTN genotípusok egyedi meghatározását követően ultrahanggal értékeljük az MSTN genotípusok izom- és kardiovaszkuláris paraméterekre gyakorolt hatását angol telivérekből.

Ultrahang vizsgálatnál az anconeus izom hossza és a triceps brachii izom vastagsága szignifikáns különbséget mutatott a C/C és T/T genotípusok között. A triceps brachii esetében a C/T és a T/T genotípusok között ugyancsak szignifikáns volt a különbség. A legmagasabb értékeket minden esetben a C/C állatok esetében regisztráltuk.

A genotípusok között szignifikáns különbségeket figyeltünk meg a következő kardiológiai változók között: LADd, ADVd, ADVs, ASDd, ASDs, IVSd, ASJd. A heterozigóta állatok minden esetben a legmagasabb értékeket mutatták (a felsorolás sorrendjében: 11,6, 7,0, 7,4, 8,0, 8,4, 6,5 és 3,4 cm). A homozigóta állatok összehasonlításakor a C/C telivérek értékei meghaladják a T/T genotípust hordozó állatokét. A LADd, ADVd, ADVs, ASDd, ASDs és ASJd mutatók átlagértékei a C/C genotípusú egyedek esetében 0,6, 0,4, 0,5, 0,5, 0,5 és 0,4 cm-rel voltak hosszabbak a T/T genotípusú állatok értékeinél. Ami az anconeus izom hosszát és a triceps brachii izom vastagságát illeti, a C/C genotípusoknál tapasztaltuk a legnagyobb értékeket (5,5 és 10,2).

Ezen eredmények segítségével jobban megérthető az MSTN gén hatása az angol telivérek versenyképességére és szerepe a vázizomzat kialakulásánál. Munkánk elsőként szolgáltat olyan adatokat, amelyek az angol telivér fajta miosztatin genotípusa, valamint az izomzat fejlettsége és a szívteljesítményt meghatározó egyes paraméterek között fennáll. Adataink bizonyítják, hogy a telivérek miosztatin típusának meghatározása segítséget nyújt az idomároknak/trénereknek az egyes versenytávok optimális megválasztásához és ahhoz legjobban illő tréningmódszerek kiválasztásához.

A szőrforgók olyan mintázat-változások a szőrzetben, amelyek különféle formákat ölthetnek, lehetnek cirkuláris (kerek epicentrummal rendelkező spirálok) vagy lineáris örvények (egy vonal mentén a szőrszálak mindkét oldalon kinyúlnak a középpontból, egy tollhoz hasonló ovális formát hozva létre). Több szőrforgó esetén horizontális vagy vertikális elrendezést különböztetünk meg. Forgásirányt tekintve lehetnek óramutató járásával megegyező irányúak, ellentétesek, vagy sugárirányúak. Azt találták, hogy a fejen lévő cirkuláris szőrforgók forgási iránya összefüggésben van a motoros oldalirányúsággal, tehát az óramutató járásával megegyező irányba rendezett szőrképlettel rendelkező egyed nagyobb valószínűséggel lesz jobb oldali preferenciájú. A motoros lateralizáció kialakulása mögött meghúzódó genetikai háttér még nem tisztázott, de a gyakorlatban való felismerése és figyelembevétele a tréning során kritikus lehet az idomárok számára. A szőrforgók helyzetét és számát továbbá összefüggésbe hozták a lovak megjósolható temperamentumával, megfigyelésük segít a reakcióképesség előrejelzésében, ezáltal lehetővé teszi a lovak könnyebb képzését, tréningezését és lovaglását.

A kísérleteink célja egy olyan asszociációs vizsgálat volt, amely választ ad arra, hogy a szőrforgók száma, iránya és helyzete hatással van-e az angol telivér fajtában az egyedek temperamentumára és a „kezességére”, vagyis arra, hogy az egyed mely oldali lábát használja szívesebben. Ezek a tulajdonságok mind közvetlen hatással lehetnek a versenylovak teljesítményére, illetve sikerességére a galoppversenyek során.

Megállapítottuk, hogy angol telivéreknél a test minden részén a körkörös szőrforgók dominánsabbak a lineárisaknál, azonban a legtöbb lónak legalább egy lineáris szőrforgója volt. A lovak többségénél a fej tetején alakultak ki kör alakú szőrforgók. Pozitív korrelációt találtunk a barátságosság, a képezhetőség és a szőrforgók száma között. A fejen lévő szőrforgók iránya és a motoros lateralitás közötti összefüggést is bizonyítottuk. A korábbi eredményekkel összhangban bizonyítékot találtunk arra is, hogy a szőr színe és a viselkedési minták összefüggenek, különösen a csikóknál. Minden más tényező, mint például az ivar, a fej felső részén lévő kör alakú szőrforgók jelenléte, a kör alakú szőrforgók pontos elhelyezkedése a fejen, a kör alakú szőrforgók irányultsága, a lineáris szőrforgók jelenléte és a lábak preferálása nem befolyásolta szignifikánsan a vizsgált személyiségjegyeket.

9. SUMMARY

One of the most popular breeds is the Thoroughbred which originates back to the 18th century. Since that time Thoroughbreds have been selected exclusively for high speed and stamina. It is a well-known fact that it is rather difficult to determine the racing ability of Thoroughbreds and when evaluating it, many parameters must be taken into account.

Previous genome-wide association studies (GWAS) have identified genetic markers that are related to the competitive performance of Thoroughbreds. One of these performance-related genes was myostatin (MSTN), which became the most important molecular marker in Thoroughbred breeding and racing. The MSTN gene which contains three exons was mapped to the equine chromosome 18 genomic region. MSTN belongs to the transforming growth factor β superfamily that regulates the growth of muscle fibres, thus limiting skeletal muscle mass. This gene has a great impact on the best race distance and racing ability through the regulation of skeletal muscle development. The novel MSTN polymorphism (g.66493737C>T) is strongly associated with best race distance. Association studies demonstrated that the C/C genotype is suited to shorter distance racing, C/T animals are appropriate for middle distance races, while T/T horses are related to longer distances and increased stamina. Besides, C/C animals have significantly greater muscle mass than T/T Thoroughbreds. Prediction of the genetic potential and of the athletic phenotype has a major importance in the Thoroughbred horse industry. Over their 300-year-long breeding history, consequent selection for structural and functional adaptations has resulted in the development of an athletic phenotype.

Thoroughbreds included in this study ($n = 145$), 34% ($n = 49$) were stallions, 64% mares ($n = 93$) and 2% geldings ($n = 3$). The distribution of genotypes was as follows: short distance racing (C/C): 45 individuals, medium distance racing (C/T): 84 individuals, long distance racing (T/T): 16 individuals. The distribution of the observed genotype frequencies within the sample studied was: 0.57 – C/T, 0.32 – C/C, 0.11 – T/T, where the allele frequencies within the sample were: 0.6 (C) and 0.4 (T).

For the C/C genotype, the best average time for the Best Race Distance (BRD) was 59.1 km/h (min. 55.07 km/h, max. 62.39 km/h). In the C/T group, the BRD average speed was 58.5 km/h (min. 55.7; max. 61.8). In the T/T group, the BRD average was 58.1 (min. 54.2 km/h; max. 60.4 km/h). These genotypes confirmed that the average speed of the groups slows down as the fitness for distance increases, as expected, but there was no significant difference between the 3 groups in average speed.

The cardiovascular system transports oxygen from the respiratory system to the muscles, and as heart size is of crucial importance in the athletic potential of Thoroughbreds, there is a considerable interest in estimating this characteristic of animals. Ultrasonography (US) precisely evaluates anatomy which can reveal structure of organs and muscle fibers as well as changes in muscle size or shape. However, advances in ultrasound techniques (echocardiography) have enabled better imaging of cardiac structures. Using this accurate and non-invasive method, a significant relationship has been demonstrated between Thoroughbred ventricular mass and maximal rate of oxygen intake/aerobic capacity (VO₂max). Cardiac output can provide increasing muscle O₂ delivery during exercise and can limit the VO₂max. This survey was aimed to evaluate the effect of MSTN polymorphism on muscular and cardiovascular variables by ultrasonography in Hungarian Thoroughbreds.

Anconeus fascicle length and triceps brachii muscle thickness were significantly different between C/C and T/T genotypes. Concerning triceps brachii, differences were significant between C/T and T/T genotypes as well. In all cases, the highest values were registered by C/C animals. Significant differences were observed between genotypes in the following cardiac variables: LADd, ADVd, ADVs, ASDd, ASDs, IVSd, ASJd. Heterozygous animals presented the highest values in all cases (11.6, 7.0, 7.4, 8.0, 8.4, 6.5, and 3.4 cm, respectively). When comparing homozygous animals, C/C Thoroughbred values exceed those carrying the T/T genotype. Average values of LADd, ADVd, ADVs, ASDd, ASDs, and ASJd of C/C genotypes were 0.6, 0.4, 0.5, 0.5, 0.5, and 0.4 cm, longer than that of the T/T genotypes, respectively. As for the fascicle length of anconeus and thickness of triceps brachii muscle, C/C genotypes displayed the highest values, 5.5 and 10.2.

Here we found that the measured cardiac variables are associated with MSTN genotypes. Aortic diameter at the sinus of Valsalva (end-diastole and end-systole) and aortic diameter at the valve (end-systole) indicated significant differences between C/C and T/T genotypes, suggesting that C/C animals may have increased cardiac output and aerobic capacity. Our work could serve as a basis for upcoming research, as relevant literature data concerning the effect of MSTN genotypes on muscle size and cardiac structure were not yet available.

Hair whorls are coat patterns that may appear in different shapes. They can be circular or linear swirls (feather-like shape). In different hair whorls horizontal and vertical arrangement are differentiated. Rotational direction can be clockwise (C), counterclockwise (CC) or radial (R). It was already documented in the late 20th century that morphological features, constitution and behavioural traits are associated. A groundbreaking study declared the association between the hair whorl rotations of the head and the motor laterality, e.g.: an individual with a clockwise whorl

on the head tends to be right-handed. The genetic background of the development of motor laterality is unresolved, however its recognition and implementation during the training process may be pivotal. Choosing the right training method might be crucial especially for young horses, since the wrong choice may intensify lateral asymmetry. The number and position of hair whorls furthermore show relationship to temperament. Observations help to predict the anticipated reaction and consequently offers advance in the training procedure. Handedness is influenced by the association between motor laterality and hair whorls, hence bias to performance during training and racing.

The aim of this experiment was to find associations between the number, rotation and position of hair whorls and temperament in Thoroughbred racehorses, which influences motor laterality. All the above mentioned traits may have an impact on race performance and success.

We concluded that in Thoroughbreds circular hair whorls on the head, neck and body are more dominant than linear ones in all parts of the body, however most horses had at least one linear whorl in total. Most of the horses presented circular whorls on the top of the head. We found positive correlation between affability, trainability and total circular hair whorls on the body. The association between the rotation of the whorls and motor laterality has also been proven. In agreement with the previous findings, we also found evidence that chestnut coat colour and behaviour are related, especially in chestnuts. All other factors, such as gender, the presence of a circular hair whorl on the upper part of the head, the exact side of the circular hair whorl on the head, the orientation of the circular head whorls, the presence of the linear hair whorls on the horse, and leg preference were not affecting significantly the examined personality traits.

10. MELLÉKLETEK

10.1. IRODALOMJEGYZÉK

- Abdel-Azeem, N.M., Emeash H.H. (2021): Relationship of horse temperament with breed, age, sex, and body characteristics: a questionnaire-based study. *Beni-Suef Univ J Basic Appl Sci* 10, 45. DOI: <https://doi.org/10.1186/s43088-021-00133-8>.
- Abe, T., Kumagai, K., Brechue, W.F. (2000): Fascicle length of leg muscles is greater in sprinters than distance runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32 (6), 1125–1129. DOI: <https://doi.org/10.1097/00005768-200006000-00014>.
- Ahmetov, I.I., Egorova, E.S., Gabdrakhmanova, L.J., Fedotovskaya, O.N. (2016): Genes and athletic performance: an update. *Med. Sport Sci.* 61, 41–54. DOI: <https://doi.org/10.1159/000445240>.
- Aiello, D., Patel, K. & Lasagna, E. (2018). The myostatin gene: an overview of mechanisms of action and its relevance to livestock animals. *Animal Genetics.* 49(6):505-519. DOI: 10.1111/age.12696.
- Allen, K., Franklin, S. (2013): Characteristics of palatal instability in Thoroughbred racehorses and their association with the development of dorsal displacement of the soft palate. *Equine Vet J.* 2013 Jul;45(4):454-9. DOI: 10.1111/evj.12004. Epub 2013 Jan 7. PMID: 23294046.
- American Museum of Natural History (2008): Horse exhibition. <https://www.amnh.org/exhibitions/horse/the-evolution-of-horses>. Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: evolution of horses. Lekérdezés időpontja: 2024.12.27.
- Avila, F., Hughes, S.S., Magdesian, K.G., Torres Penedo, M.C., Bellone, R.R. (2022): Breed Distribution and Allele Frequencies of Base Coat Color, Dilution, and White Patterning Variants across 28 Horse Breeds. *Genes (Basel).* Sep 13;13(9):1641. DOI: 10.3390/genes13091641.
- Azcona, F., Karlau, A., Trigo, P., Molina, A., Demyda-Peyrás, S. (2024): Genomic tools for early selection among Thoroughbreds and Polo Argentino horses for practicing polo. *J Equine Vet Sci.* 2024 Jul; 138:105098. DOI: 10.1016/j.jevs.2024.105098.
- Bailey, E., Petersen, J.L., Kalbfleisch, T.S. (2021) Genetics of Thoroughbred Racehorse Performance. *Annu Rev Anim Biosci.* 2022 Feb 15; 10:131-150. DOI: 10.1146/annurev-animal-020420-035235. Epub 2021 Nov 15. PMID: 34780248.
- Barron, J. K. (1995): The effect of maternal age and parity on the racing performance of Thoroughbred horses. *Equine Veterinary Journal*, 27(1), 73–75. DOI:10.1111/j.2042-3306.1995.tb03036.x
- Bayly, W.M. (1985): Training Programs. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* 1: 597–610. DOI: 10.1016/s0749-0739(17)30752-6
- Bayly, W.M., Grant, B.D., Pearson. R.C. (1987): Lactate concentrations in Thoroughbred horses following maximal exercise under field conditions. In: *Equine Exercise Physiology 2*. Eds. J. R. Gillespie and N. E. Robinson. ICEEP Publications. Davis, California.
- Berthoud, D., Schwarzwald, C.C. (2021): Echocardiographic assessment of left ventricular size and systolic function in Warmblood horses using linear measurements, area-based indices, and volume estimates: a retrospective database analysis. *J. Vet. Intern. Med.* 35 (1), 504–520. DOI: <https://doi.org/10.1111/jvim.15968>.
- Bower, M.A., McGivney, B.A., Campana, M.G., Gu, J., Andersson, L.S., Barrett, E., Davis, C.R., Mikko, S., Stock, F., Voronkova, V., Bradley, D.G., Fahey, A.G., Lindgren, G., MacHugh, D.E., Sulimova, G., Hill, E.W. (2012): The genetic origin and history of speed in the Thoroughbred racehorse. *Nat. Commun.* 24(3).643. DOI: 10.1038/ncomms1644
- Bowling, A.T. & Ruvinsky, A. (2000): *The genetics of the Horse*. CAB International, USA. 527 p.

- Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "horse racing". *Encyclopedia Britannica*, 19 Dec. 2024, <https://www.britannica.com/sports/horse-racing>. Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: horse racing in ancient times. Lekérdezés időpontja: 2025.01.12.
- Bronsart, L.L., Sides, R.H., Bayly, W.M. (2009): A comparative study of interval and continuous incremental training in Thoroughbreds. *Comparative Exercise Physiology*, 6(02), 49. DOI:10.1017/s1755254009990080
- Brown, N.A.T., Kawcak, C.E., McIlwraith, C.W., Pandey, M.G. (2003): Architectural properties of distal forelimb muscles in horses, *Equus caballus*. *J. Morphol.* 258 (1), 106–114. DOI: <https://doi.org/10.1002/jmor.10113>.
- Buhl, R., Ersbøll, A., Eriksen, L., Koch, J. (2005): Changes over time in echocardiographic measurements in young Standardbred racehorses undergoing training and racing and association with racing performance. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 226, 1881–1887. DOI: 10.2460/javma.2005.226.1881
- Cator, R. (1991). Performance Evaluations of Racing Thoroughbreds. *Journal of Equine Veterinary Science*, 11(3), 183–190. DOI: 10.1016/s0737-0806(07)80044-x
- Çetkin, M., Bayko, S., Kutoğlu T. (2019): Hair Whorl Direction: The Association with Handedness, Footedness, and Eyedness. *Dev Neuropsychol.* 45(1):17-26. DOI: 10.1080/87565641.2019.1700419. Epub 2019, Dec 6. PMID: 31809582.
- Chong, K. (2014): *Northern Dancer: The Legendary Horse That Inspired a Nation*. Penguin Random House Canada, Canada. 304 p.
- Cunningham, E.P. (1975): Genetic studies in horse populations. In: *Proc Int Symp on Genetics and Horse Breeding*, Royal Dublin Society, 17-18 September 1975, 2-6.
- Cunningham, E.P., Dooley, J.J., Splan, R.K., Bradley, D.G. (2001): Microsatellite diversity, pedigree relatedness and the contributions of founder lineages to thoroughbred horses. *Anim. Genet.* 32(6).360-4. DOI: 10.1046/j.1365-2052.2001.00785.x.
- Das, J. (2006): The role of mitochondrial respiration in physiological and evolutionary adaptation. *BioEssays* 28, 890–901. DOI:10.1002/ BIES.20463
- Drevemo, S., Fredricson, I., Hjerten, G., McMiken, D. (1987): Early development of gait asymmetries in trotting standardbred colts. *Equine Vet. J.* 19, 189–191. DOI: 10.1111/j.2042-3306.1987.tb01373.x.
- Dusek, J., Ehrlein, H.J., Engelhardt W.V., Hornicke, H. (1970): Beziehungen zwischen Trittlänge, Trittfrequenz und Geschwindigkeit bei Pferden [Relationships between stride length, stride frequency and velocity in horses]. *Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie* X7, 177-188.
- Eaton, M.D., Hodgson, D.R., Evans, D.L., Rose, R.J. (1999): Effects of low- and moderate-intensity training on metabolic responses to exercise in thoroughbreds. *Equine Veterinary Journal Supplement* 30: 521–527. DOI: 10.1111/j.2042-3306.1999.tb05277.x
- Edwards, R. T. H. (1983): Biochemical bases of fatigue in exercise performance: catastrophe theory of muscle fatigue. In: *Biochemistry of Exercise*. Eds. H. G. Knuttgen. J. A. Vogel and J. Poonmans. Human Kinetics, Champaign, IL. 3-28 p.
- Ekiz, B., Koçak, Ö. (2007): Estimates of Genetic Parameters for Racing Times of Thoroughbred Horses. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*. Volume 31 (1): 1-5
- Encina, A., Ligeró, M., Sánchez-Guerrero, M.J., Rodríguez-Sainz de Los Terreros, A., Bartolomé, E., Valera M. (2023): Phenotypic and Genetic Study of the Presence of Hair Whorls in Pura Raza Español Horses. *Animals (Basel)* 16;13(18):2943. DOI: 10.3390/ani13182943.
- Erickson, B. K., Erickson, H. H., Sexton, W. L., Coffman, J. R. (1987): Performance evaluation and detection of injury during exercise training in the Quarter Horse using a heart rate computer. In: *Equine Exercise Physiology 2*. Eds. J. R. Gillespie and N. E. Robinson. ICEEP Publications, Davis, California 92-101 p.
- Eto, D., Hada, T., Kusano, K., Kai, M., Kusuose, R. (2004): Effect of three kinds of repeated exercises on blood lactate concentrations in thoroughbred horses on a treadmill. *Journal of Equine Science* 15: 61–65. DOI:[10.1294/jes.15.61](https://doi.org/10.1294/jes.15.61)

- Farries, G., McGettigan, P.A., Gough, K.F., McGivney, B.A., MacHugh, D.E., Katz, L.M., Hill, E.W. (2018): Genetic contributions to precocity traits in racing Thoroughbreds. *Anim Genet*, 49: 193-204. DOI: <https://doi.org/10.1111/age.12622>
- Fehér, D. (1990): Az angol telivér Magyarországon. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 204 p.
- Finn, J.L., Haase, B., Willet, C.E., van Rooy, D., Chew, T., Wade, C.M., Hamilton, N.A., Velie, B.D. (2016): The relationship between coat colour phenotype and equine behaviour: A pilot study. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 174, 66–69. DOI: 10.1016/j.applanim.2015.11.004.
- Fonseca, R.G., Kenny, D.A., Hill, E.W., Katz, L.M. (2013): The relationship between body composition, training and race performance in a group of thoroughbred flat racehorses. *Equine Vet. J.* 45 (5), 552–557. DOI: <https://doi.org/10.1111/evj.12024>.
- Fox, E.L., Robinson, S., Wiegman, D.L. (1969): Metabolic energy sources during continuous and interval running. *Journal of Applied Physiology* 27: 174–178. DOI: 10.1152/jappl.1969.27.2.174
- Gaffney, B., Cunningham, E.P. (1988): Estimation of genetic trends in racing performance of thoroughbred horses. *Nature* 332, 722–724. DOI: <https://doi.org/10.1038/332722a0>.
- Gallagher, J.R., Fleet, M.R., Hintz, H.F. (1997): Selective breeding for racing performance in horses. *Proc. Assoc. Advmt. Anim. Breed. Genet.* 12, 140-144.
- Gellman, K.S., Bertram, J.E.A., Hermanson, J.W. (2002): Morphology, histochemistry, and function of epaxial cervical musculature in the horse (*Equus caballus*). *J. Morphol.* 251 (2), 182–194. DOI: <https://doi.org/10.1002/jmor.1082>.
- Goodwin, D. (2007). Horse Behaviour: Evolution, Domestication and Feralisation. In: Waran, N. (eds) *The Welfare of Horses. Animal Welfare*, vol 1. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-0-306-48215-1_1
- Górecka, A., Golonka, M., Chruszczewski, M., Jezierski, T. (2007): A note on behaviour and heart rate in horses differing in facial hair whorl. *Applied Animal Behaviour Science*, 105(1-3), 244–248. DOI: 10.1016/j.applanim.2006.05.013.
- Grandin, T., Deesing, M.J., Struthers, J.J., Swinker, A.M. (1995): Cattle with hair whorl patterns above the eyes are more behaviorally agitated during restraint, *Applied Animal Behaviour Science*, 46, 1–2, 117-123. DOI: [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(95\)00638-9](https://doi.org/10.1016/0168-1591(95)00638-9).
- Grzimek, B. (1968): On the Psychology of the Horse. In: Friedrich, H. (Ed.), *Man and Animal Studies in Behaviour*. St. Martins Press Inc., New York USA. 144 p.
- Gu, J., Orr, N., Park, S.D., Katz, L.M., Sulimova, G., MacHugh, D.E., Hill, E.W. (2009): A genome scan for positive selection in Thoroughbred horses. *PLoS One*. 2009;4(6): e5767–e5767. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005767>
- Gunn, H.M. (1987): Muscle, bone and fat proportions and the muscle distribution of thoroughbreds and other horses. In: Gillespie, J.R., Robinson, N.E. (Eds.), *Equine Exercise Physiology 2*. ICEEP, Davis, CA, pp. 253–264.
- Harkins, J.D., Kamerling, S.G. (1991): Assessment of treadmill interval training on fitness. *Journal of Equine Veterinary Science* 11: 237–242. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0737-0806\(06\)80987-1](https://doi.org/10.1016/S0737-0806(06)80987-1)
- Harkins, J.D., Kamerling S.G., Church G. (1992) Effect of competition on performance of Thoroughbred racehorses. *Journal of Applied Physiology* 72 (3), 836-841. DOI: 10.1152/jappl.1992.72.3.836
- Harkins, J. D., Kamerling, S. G., Bagwell, C. A., Karns, P. A. (2010): A comparative study of interval and conventional training in Thoroughbred racehorses. *Equine Veterinary Journal*, 22(S9), 14–19. DOI:10.1111/j.2042-3306.1990.tb04728.x
- Hámori, D. & Halász, G. (1959): Der Einfluss der Selektion auf die Entwicklung der Schnelligkeit des Pferdes. *Z Tierz Zuchtungsbiol* 73, 47-59. DOI: [10.1111/j.1439-0388.1959.tb00636.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1959.tb00636.x)
- Hecker, W. (2011): Híres versenylövaink: Kincsem, Imperiál, Overdose. I.A.T. Kiadó, Budapest, 304p.
- Hermanson, J.W. & Macfadden, B.J. (1996): Evolutionary and functional morphology of the knee in fossil and extant horses (Equidae). *J. Vertebr. Paleontol.* 16(2).349-357. DOI: [10.1080/02724634.1996.10011321](https://doi.org/10.1080/02724634.1996.10011321)

- Hermanson, J.W. (1997): Architecture and the division of labor in the extensor carpi radialis muscle of horses. *Acta Anat.* 159, 127–135. DOI: <https://doi.org/10.1159/000147975>.
- Heszky, L., Fésüs, L., Hornok, L. (2005) *Mezőgazdasági biotechnológia*. Agroiinform Kiadó, Budapest, 366 p.
- Hill, E.W., Gu, J., Eivers, S.S., Fonseca, R.G., McGivney, B.A., Govindarajan, P., Orr, N., Katz, L.M., MacHugh, D.E. (2010a): A sequence polymorphism in MSTN predicts sprinting ability and racing stamina in thoroughbred horses. *PLoS One*. 2010 Jan 20;5(1):e8645. DOI: 10.1371/journal.pone.0008645.
- Hill, E.W., Gu, J., McGivney, B.A., MacHugh, D.E. (2010b): Targets of selection in the thoroughbred genome contain exercise-relevant gene SNPs associated with elite racecourse performance. *Anim. Genet.* 41 (s2), 56–63. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2010.02104.x>.
- Hill, E.W., McGivney, B.A., Gu, J., Whiston, R., MacHugh, D.E. (2010c): A genome-wide SNP-association study confirms a sequence variant (g.66493737C>T) in the equine myostatin (MSTN) gene as the most powerful predictor of optimum racing distance for Thoroughbred racehorses. In: *BMC Genomics*. 11:552. DOI: 10.1186/1471-2164-11-552
- Hill, E.W., Fonseca R.G., McGivney, B.A., Gu, J., MacHugh, D.E., Katz, L.M. (2012) MSTN genotype (g.66493737C/T) association with speed indices in Thoroughbred racehorses. *J Appl Physiol* (1985). 2012 Jan;112(1):86-90. DOI: 10.1152/jappphysiol.00793.2011.
- Hill, E.W., McGivney, B.A., Rooney, M.F., Katz, L.M., Parnell, A., MacHugh, D.E. (2019): The contribution of myostatin (MSTN) and additional modifying genetic loci to race distance aptitude in Thoroughbred horses racing in different geographic regions. *Equine Vet. J.* DOI: 10.1111/evj.13058
- Hinchcliff, K.W., Lauderdale, M.A., Dutson, J., Geor, R.J., Lacombe, V.A., Taylor, L.E. (2002): High intensity exercise conditioning increases accumulated oxygen deficit of horses. *Equine Veterinary Journal* 34: 9–16. DOI: 10.2746/042516402776181150
- Hinchcliff, K.W., Geor, R.J., Kaneps, A.J. (2008): *Equine Exercise Physiology: The Science of Exercise in the Athletic Horse*. USA, W.B. Saunders Ltd, Philadelphia, USA 2008. 476 p.
- Hinchcliff, K.W., Geor, R.J. (2008): The horse as an athlete: a physiological overview. In: *Equine Exercise Physiology: The Science of Exercise in the Athletic Horse*. USA, W.B. Saunders Ltd, Philadelphia, USA 2008. 476 p.
- Hintz, L.R. (1980): Genetics of Performance in the Horse. *J. Anim. Sci.* 51(3):582-94. DOI: 10.2527/jas1980.513582x
- Hori, Y., Ozaki, T., Yamada, Y., Tozaki, T., Kim, H.S., Takimoto, A., Endo, M., Manabe, N., Inoue-Murayama, M., Fujita, K. (2013): Breed Differences in Dopamine Receptor D4 Gene (DRD4) in Horses. *J Equine Sci.* 2013;24(3):31-6. DOI: 10.1294/jes.24.31.
- Horn, P. (2010): *Állattenyésztés 1. Szarvasmarha, juh, ló*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 592 p.
- Hosoyama, T., Kawada, S., Oshiumi, R., Yoneda, S., Soeta, C., Yamanouchi, K., Hasegawa, T., Ishida, N., Mukoyama, H., Ishii, N., Tachi, C., (2002): Molecular cloning of equine (thoroughbred) myostatin cDNA and detection of myostatin precursor proteins in the serum. In: *J. Reprod. Develop.* 48. 335–42.
- Huesler, I.M., Mitchell, K.J., Schwarzwald, C.C. (2016): Echocardiographic assessment of left atrial size and function in warmblood horses: reference intervals, allometric scaling, and agreement of different echocardiographic variables. *J. Vet. Intern. Med.* 30 (4), 1241–1252. DOI: <https://doi.org/10.1111/jvim.14368>.
- Huntington, P.J., Brown-Douglas, C.G., Pagan, J.D. (2019): Growth and development of Thoroughbred horses. *Animal Production Science* 60(18) 2093-2102. DOI: <https://doi.org/10.1071/AN19629>.
- Ivers, T. (1983): *The Fit Racehorse*. Esprit Racing Team Ltd. Cincinnati. Ohio. 300 p.
- Jacobs, L.N., Staiger, E.A., Albright, J.D., Brooks, S.A. (2016): The MC1R and ASIP coat color loci may impact behavior in the horse, *J. Hered.*, 2016, vol. 107, no. 3, pp. 214–219. DOI: <https://doi.org/10.1093/jhered/esw007>

- Jansen, A., Lohmann, H., Scharfe, S., Sehlmeier, C., Deppe, M., Knecht, S. (2007): The association between scalp hair-whorl direction, handedness and hemispheric language dominance: is there a common genetic basis of lateralization? *Neuroimage* 1;35(2):853-61. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2006.12.025.
- Kim, J., Jung, H., Choi, J.Y., Lee, J.W., Yoon, M. (2022). Plasma concentration of dopamine varies depending on breed, sex, and the genotype of DRD4 in horses. *J Anim Sci Technol.* 2022 Jul;64(4):792-799. DOI: 10.5187/jast.2022.e44.
- King, T., Marston, L.C., Bennett, P.C. (2012): Breeding dogs for beauty and behaviour: Why scientists need to do more to develop valid and reliable behaviour assessments for dogs kept as companions. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 137, 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.11.016>.
- Klar, A.J.S. (2003): Human handedness and scalp hair-whorl direction develop from a common genetic mechanism. *Genetics*.165(1):269-76. DOI: 10.1093/genetics/165.1.269.
- Knight, P.K., Sinha, A.K., Rose, R.J. (1991): Effects of training intensity on maximum oxygen uptake. *Equine Exercise Physiology* 3: 77–82.
- Krueger, K., Schwarz, S., Marr, I., Farmer, K. (2022): Laterality in Horse Training: Psychological and Physical Balance and Coordination and Strength Rather Than Straightness. *Animals* (Basel). 16;12(8):1042. DOI: 10.3390/ani12081042.
- Kumagai, K., Abe, T., Brechue, W.F., Ryushi, T., Takano, S., Mizuno, M. (2000): Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. *J. Appl. Physiol.* 88 (3), 811–816. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.3.811>.
- Langlois, B. (1981): Proposition d’extension du modèle génétique additif classique a des situations non panmictiques. *Ann Genet Sel Anim* 13, 151-164. DOI: [10.1186/1297-9686-13-2-151](https://doi.org/10.1186/1297-9686-13-2-151)
- Langlois, B. (1996): A consideration of the genetic aspects of some current practices in Thoroughbred horse breeding. *Annales de zootechnie*, 1996, 45 (1), pp.41-51. fhal-00889541. DOI: 10.1051/animres:19960104
- Langlois, B., Minkema, D., Bruns, E., (1983): Genetic problems in horse breeding. *Livest. Prod. Sci.* 10, 69–81. DOI: [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(83\)90008-8](https://doi.org/10.1016/0301-6226(83)90008-8)
- Langlois, B., Blouin, C. (1997): Effect of a horse’s month of birth on its future sport performance. I. Effect on annual phenotypic indices. *Ann. Zootech.* Vol. 46 (5) 393-398, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1051/animres:19970501>
- Lanier, J.L., Grandin, T., Green, R., Avery, D., McGee, K. (2001): A note on hair whorl position and cattle temperament in the auction ring. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 73, 93–101. DOI: 10.1016/s0168-1591(01)00132-0.
- Latham, C.M., Guy, C.P., Wesolowski, L.T., White-Springer, S.H. (2022): Fueling equine performance: importance of mitochondrial phenotype in equine athletes, *Animal Frontiers*, Volume 12, Issue 3, June 2022, Pages 6–14, <https://doi.org/10.1093/af/vfac023>
- Laursen, P.B., Shing, C.M., Peake, J.M., Coombes, J.S, Jenkins, D.G. (2005): Influence of high-intensity interval training on adaptations in well-trained cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research* 19: 527–533. DOI: 10.1519/15964.1
- Lee, K.E., Kim, J.G., Lee, H., Kim, B.S. (2021): Behavioral and cardiac responses in mature horses exposed to a novel object. *J. Anim. Sci. Technol.* 63(3):651-661. DOI: 10.5187/jast.2021.e51.
- Librado, P. et al. (2021): The origins and spread of domestic horses from the Western Eurasian steppes. *Nature* 598, 634–640. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-04018-9>
- Lima, D.F.P.d.A., da Cruz, V.A.R., Pereira, G.L., Curi, R.A., Costa, R.B., de Camargo, G.M.F. (2021): Genomic regions associated with the position and number of hair whorls in horses. *Animals* 2021, 11, 2925. DOI: 10.3390/ani11102925.
- Lin, X., Zhou, S., Wen, L., Davie, A., Yao, X., Liu, W., & Zhang, Y. (2016): Potential role of maternal lineage in the thoroughbred breeding strategy. *Reproduction, Fertility and Development*, 28(11), 1704. DOI:10.1071/rd15063
- Lindholm, A., Saltin, B. (1974): The physiological and biochemical response of Standardbred horses to exercise of varying speed and duration. *Acta Vet. Scand.* 15,3 10-324. DOI: 10.1186/BF03547461

- Lindner, A., Signorini, R., Vassallo, J., Tomatis, F., Flores, F.M., Gagliano, M.E., Curiotti, J., Terragona, E. (2010): Reproducibility and repeatability of equine muscle thickness measurements with ultrasound. *J. Equine Veterin. Sci.* 30, 635–640. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2010.10.007>.
- Long, K.J., Bonagura, J.D., Darke, P.G. (1992): Standardized imaging technique for guided M-mode and Doppler echocardiography in the horse. *Equine Vet. J.* 24 (3), 226–235. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1992.tb02820.x>.
- Maeda, Y., Tomioka, M., Hanada, M., Oikawa, M. (2012): Influence of Track Surface Condition on Racing Times of Thoroughbred Racehorses in Flat Races. *J. Equine Vet. Sci.*, 32(11), 689–695. DOI: [10.1016/j.jevs.2012.02.012](https://doi.org/10.1016/j.jevs.2012.02.012)
- Magdesian, K.G., Williams, D.C., Aleman, M., Lecouteur, R.A., Madigan, J.E. (2009): Evaluation of deafness in American Paint Horses by phenotype, brainstem auditory-evoked responses, and endothelin receptor B genotype. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 15;235(10):1204-11. DOI: 10.2460/javma.235.10.1204.
- Martin, G.S., Strand, E., Kearney, M.T. (1996): Use of statistical models to evaluate racing performance in Thoroughbreds. *Journal of American Veterinary Medicine Association* 209 (11), 1900-1906. DOI: <https://doi.org/10.2460/javma.1996.209.11.1900>
- McBane, S. (2008): *The Illustrated Encyclopedia of Horse Breeds*. Wellfleet Press, New York, USA. 256 p.
- McGivney, B.A., Browne, J.A., Fonseca, R.G., Katz, L.M., Machugh, D.E., Whiston, R., Hill, E.W. (2012): MSTN genotypes in Thoroughbred horses influence skeletal muscle gene expression and racetrack performance. *Anim. Genet.* 43(6).810-2. DOI: 10.1111/j.1365-2052.2012.02329.x
- McGreevy, P.D., Rogers, L.J. (2005): Motor and sensory laterality in thoroughbred horses. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 92, 337–352. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.11.012>.
- McGreevy, P.D., Thomson, P.C. (2006): Differences in motor laterality between breeds of performance horse. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 99: 183–190. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.09.010>
- Meola, M.G., Grandin, T., Burns, P., Deesing M. (2004): Hair whorl patterns on the bovine forehead may be related to breeding soundness measures. *Theriogenology* 62:450–457. DOI: [10.1016/j.theriogenology.2003.10.021](https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2003.10.021).
- Mills, D.S. & McDonnell, S.M., (2005): *The Domestic Horse: The Origins, Development and Management of Its Behaviour*. Cambridge University Press, United Kingdom. 249 p.
- Momozawa, Y., Kusunose, R., Kikusui, T., Takeuchi, Y., Mori, Y. (2005a) Assessment of equine temperament questionnaire by comparing factor structure between two separate surveys. *Applied Animal Behaviour Science*, 92(1-2), 77–84. DOI: [10.1016/j.applanim.2004.11.00](https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.11.00).
- Momozawa, Y., Takeuchi, Y., Kusunose, R., Kikusui, T., & Mori, Y. (2005b): Association between equine temperament and polymorphisms in dopamine D4 receptor gene. *Mammalian Genome*, 16(7), 538–544. DOI: [10.1007/s00335-005-0021-3](https://doi.org/10.1007/s00335-005-0021-3)
- Momozawa, Y., Terada, M., Sato, F., Kikusui, T., Takeuchi, Y., Kusunose, R., Mori, Y. (2007): Assessing equine anxiety-related parameters using an isolation test in combination with a questionnaire survey. *J. Vet. Med. Sci.* 69(9):945-50. DOI: [10.1292/jvms.69.945](https://doi.org/10.1292/jvms.69.945)
- Moritsu, Y., Funakoshi, H., Ichikawa, S. (1994): Genetic evaluation of sires and environmental factors influencing best racing times of Thoroughbred horses in Japan. *Journal of Equine Science* 5(2), 53-58. DOI: <https://doi.org/10.1294/jes.5.53>
- Morley, P. S., Townsend, G. G. (1997): A survey of reproductive performance in thoroughbred mares and morbidity, mortality and athletic potential of their foals. *Equine Vet. J.* 29, 290–297 DOI: [10.1111/J.2042-3306.1997.TB03126.X](https://doi.org/10.1111/J.2042-3306.1997.TB03126.X)
- Mosher, D.S., Quignon, P., Bustamante, C.D. Sutter, N.B., Mellersh, C.S., Parker, H.G., Ostrander, E.A. (2007): A mutation in the myostatin gene increases muscle mass and enhances racing performance in heterozygote dogs. *PLoS Genet* 2007; 3: e79. DOI: [10.1371/journal.pgen.0030079](https://doi.org/10.1371/journal.pgen.0030079).

- Mota, M.D.S., Oliveira, H.N., Silva, R. G. (1998): Genetic and environmental factors that affect the best time of Thoroughbred horses in Brazil. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 115, 123-129. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1998.tb00335.x>
- Mota, M.D., Abrahão, A.R., Oliveira, H.N. (2005): Genetic and environmental parameters for racing time at different distances in Brazilian Thoroughbreds. *J Anim Breed Genet.* 2005 Dec;122(6):393-9. DOI: 10.1111/j.1439-0388.2005.00551.x. PMID: 16274423.
- Murphy, J., Arkins, S. (2008): Facial hair whorls (trichoglyphs) and the incidence of motor laterality in the horse. *Behav. Processes* 79, 7–12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2008.03.006>.
- Nimmo, M. A., Snow, D. H. (1983): Changes in muscle glycogen, lactate and pyruvate concentrations in the Thoroughbred horse following maximal exercise. In: *Equine Exercise Physiology*. Eds. D. H. Snow, S. G. B. Persson and R. J. Rose. Granta Editions, Cambridge UK. 237-244 p.
- Oki, H., Sasaki, Y., Willham, R.L. (1994): Genetics of racing performance in the Japanese Thoroughbred horse: II. Environmental variation of racing time on turf and dirt tracks and the influence of sex, age, and weight carried on racing time. *J. Anim. Breed. Genet.* 111, 128–137. DOI: 10.1111/j.1439-0388.1994.tb00446.x
- Oki, H., Sasaki, Y., Lin, C. Y., Willham R.L. (1995): Influence of jockeys on racing time in Thoroughbred horses. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 112, 171-175. DOI: [10.1111/j.1439-0388.1995.tb00555.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.1995.tb00555.x)
- Orlando, L. (2019). Ancient Genomes Reveal Unexpected Horse Domestication and Management Dynamics. *BioEssays*, 1900164. doi:10.1002/bies.201900164
- Outram, A.K., Stear, N.A., Bendrey, R., Olsen, S., Kasparov, A., Zaibert, V., Thorpe, N., Evershed, R.P. (2009): The earliest horse harnessing and milking. *Science*. 323(5919).1332-5. DOI: [10.1126/science.1168594](https://doi.org/10.1126/science.1168594)
- Payne, R.C., Veenman, P., Wilson, A.M. (2005): The role of the extrinsic thoracic limb muscles in equine locomotion. *J Anat.* 2005 Feb;206(2):193-204. DOI: 10.1111/j.1469-7580.2005.00353.x.
- Petersen, J.L., Valberg, S.J., Mickelson, J.R., McCue, M.E. (2014) Haplotype diversity in the equine myostatin gene with focus on variants associated with race distance propensity and muscle fiber type proportions. In: *Anim. Genet.* 45(6).827-35. DOI: 10.1111/age.12205
- Poole, D.C. & Erickson, H.H. (2008): Cardiovascular function and oxygen transport: responses to exercise and training. In: Hinchcliff K.W., Cleor R.J. and Kaneps A. J. (Eds.), *Equine Exercise Physiology, The Science of Exercise in the Athletic Horse*, pp. 212–245 SAUNDERS Elsevier, ISBN-13 9780702028571.
- Potard, U.S.B., Leith, D.E., Fedde, M.R. (1998): Force, speed, and oxygen consumption in Thoroughbred and draft horses. *Journal of Applied Physiology*, 84(6), 2052–2059. doi:10.1152/jappl.1998.84.6.2052. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1998.84.6.2052>
- Randle, H.D. (1998): Facial hair whorl position and temperament in cattle. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 56, 139–147. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(97\)00086-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(97)00086-5).
- Randle, H.D., Webb, T.G., Gill, L.J. (2003): The relationship between facial hair whorls and temperament in Lundy ponies. *Annual report of the Lundy Field Society*, pp.67–83.
- Robling, A.G., Castillo, A.B., Turner, C.H. (2006): Biomechanical and molecular regulation of bone remodeling. *Annual Review of Biomedical Engineering* 8: 455–498. DOI: 10.1146/annurev.bioeng.8.061505.095721
- Rooney, M.F., Hill, E.W., Kelly, W.P., Porter, R.K. (2018): The “speed gene” effect of myostatin arises in thoroughbred horses due to a promoter proximal SINE insertion. *PLoS One* 13 (10), e0205664. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205664>.
- Sackman, J.E., Houpt, K.A. (2018): Equine Personality: Association With Breed, Use, and Husbandry Factors. *J. Equine Vet. Sci.* Vol. 72, p. 47-55, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2018.10.018>.

- Santschi, E.M., Vrotsos, P.D., Purdy, A.K., Mickelson, J.R. (2001) Incidence of the endothelin receptor B mutation that causes lethal white foal syndrome in white-patterned horses. *Am. J. Vet. Res.* 62(1):97-103. DOI: 10.2460/ajvr.2001.62.97. PMID: 11197568.
- Savelberg, H.H., Schamhardt, H.C. (1995): The influence of inhomogeneity in architecture on the modelled force-length relationship of muscles. *J. Biomech.* 28 (2), 187–197. DOI: [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(94\)00050-e](https://doi.org/10.1016/0021-9290(94)00050-e).
- Scansen, B.A., Drees, R. (2020): Joint virtual issue on recent advances in veterinary cardiac imaging. *J. Vet. Intern. Med.* 34, 546–548. DOI: <https://doi.org/10.1111/jvim.15669>.
- Scoggin, C.F. (2015): Not just a number: effect of age on fertility, pregnancy and offspring vigour in thoroughbred brood-mares. *Reproduction, Fertility and Development* 27(6) 872-879. DOI: <https://doi.org/10.1071/RD14390>
- Sharman, P., Young, A.J., Wilson, A.J. (2022): Evidence of maternal and paternal age effects on speed in thoroughbred racehorses. *R. Soc. Open Sci.* 9220691. <http://doi.org/10.1098/rsos.220691>
- Shivley, C., Grandin, T., Deesing, M. (2016): Behavioral Laterality and Facial Hair Whorls in Horses. *J. Equine Vet. Sci.* 2016, 44, 62–66. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2016.02.238>
- Shurink, A., Theunissen, M.C.J., Ducro B.J., Bijma, P., Van Grevenhof E.M. (2009): Identification of environmental factors affecting the speed of purebred Arabian racehorses in the Netherlands. *Livestock Science* 125, 97-100
- Smith, D.W., Gong, B.T. (1973): Scalp hair patterning as a clue to early fetal brain development. *J. Pediatr.* 83, 374. DOI: 10.1016/s0022-3476(73)80258-6.
- Snow, D.H., Harris, R.C., Gash, S. P. (1985): Metabolic response of equine muscle to intermittent maximal exercise. *J. Appl. Physiol.* 58, 1689-1697. DOI: 10.1152/jappl.1985.58.5.1689
- Sobczyńska, M. (2011): Environmental factors affecting the speed of Thoroughbred horses competing in Poland. *Animal Science Papers and Reports* vol. 29 (2011) no. 4, 303-312 Institute of Genetics and Animal Breeding, Jastrzębiec, Poland.
- Stashak, T.S. (2002): Lameness, In: *Adams' Lameness in Horses* 5th edn. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, PA, USA. Chapter 8.
- Tabozzi, S.A., Stancari, G., Zucca, E., Tajoli, M., Stucchi, L., Lafortuna, C.L., Ferrucci, F. (2021): Variation of skeletal muscle ultrasound imaging intensity in horses after treadmill exercise: a proof of concept for glycogen content estimation. *BMC Vet. Res.* 17, 121. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12917-021-02818-9>.
- Thiruvenkadan, A.K., Kandasamy, N., Panneerselvam, S. (2009): Inheritance of racing performance of Thoroughbred horses. *Livest. Sci.* 121(2–3). 308-326. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.07.009>
- Tolley, E.A., Notter, D.R., Marlowe, T.J. (1983): Heritability and repeatability of speed for 2- and 3- year old Standardbred racehorses. *Journal of Animal Science* 56, 1294-1305. DOI: 10.2527/jas1983.5661294x
- Tolley, E.A., Notter, D.R., Marlowe, T.J. (1985): A review of the inheritance of racing performance in horses. *Anim Breed Abstr* 53, 163-185
- Tomkins, L.M., McGreevy, P.D. (2010a): Hair whorls in the dog (*Canis familiaris*). I. distribution. *Anat Rec (Hoboken)*. 293(2):338-50. DOI: 10.1002/ar.21055. PMID: 20101738.
- Tomkins, L.M., McGreevy, P.D. (2010b): Hair whorls in the dog (*Canis familiaris*), Part II: Asymmetries. *Anat Rec (Hoboken)*. 293(3):513-8. DOI: 10.1002/ar.21077. PMID: 19957342.
- Tomkins, L.M., Williams, K.A., Thomson, P.C., McGreevy, P.D. (2012): Lateralization in the domestic dog (*Canis familiaris*): Relationships between structural, motor, and sensory laterality. *J. Vet. Behav.* 7, 70–79. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2011.07.001>.
- Topczewska, J., Krupa, W., Sokołowicz, Z., Lechowska, J. (2021): Does Experience Make Hucul Horses More Resistant to Stress? A Pilot Study. *Animals* 2021, 11, 3345 DOI: 10.3390/ani11123345.
- Tozaki, T., Miyake, T., Kakoi, H., Gawahara, H., Sugita, S., Hasegawa, T., Ishida, N., Hirota, K., Nakano, Y. (2010) A genome-wide association study for racing performances in

- Thoroughbreds clarifies a candidate region near the MSTN gene. *Anim Genet.* 2010 Dec ;41 Suppl 2:28-35. DOI: 10.1111/j.1365-2052.2010.02095.x. PMID: 21070273.
- Tozaki, T., Sato, F., Hill, E.W., Miyake, T., Endo, Y., Kakoi, H., Gawahara, H., Hirota, K., Nakano, Y., Nambo, Y., Kurosawa, M. (2011): Sequence variants at the myostatin gene locus influence the body composition of Thoroughbred horses. *J. Vet. Med. Sci.* 73(12).1617-24. DOI: 10.1292/jvms.11-0295
- Trombetta, B., Cruciani, F., Underhill, P. A., Sellitto, D., and Scozzari, R. (2010). Footprints of X-to-Y gene conversion in recent human evolution. *Mol. Biol. Evol.* 27, 714–725. DOI:10.1093/MOLBEV/MSP231
- Troxell, M.L., Britton, S.L., Koch, L.G. (2003): Genetic Models in Applied Physiology: Selected Contribution: Variation and heritability for the adaptational response to exercise in genetically heterogeneous rats. *J. Appl. Physiol.* 94.1674–1681. DOI: 10.1152/japplphysiol.00851.2002
- Vamplew, W. & Kay, J. (2005): *Encyclopedia of British Horseracing*. Routledge, United Kingdom. 384 p. ISBN 9780714653563.
- Wallner, B., Vogl, C., Shukla, P., Burgstaller, J. P., Druml, T., and Brem, G. (2013): Identification of genetic variation on the horse Y chromosome and the tracing of male founder lineages in modern breeds. *PLoS One* 8, e60015. DOI: 10.1371/JOURNAL.PONE.0060015
- Warren-Smith, A., McGreevy, P. (2010): The use of pedometers to estimate motor laterality in grazing horses. *J. Vet. Behav.: Clinical Applications and Research*, 5(4), 177–179. DOI:10.1016/j.jveb.2009.12.023
- Warmuth, V., Eriksson, A., Bower, M.A., Barker, G., Barrett, E., Hanks, B.K., Li, S., Lomitashvili, D., Ochir-Goryaeva, M., Sizonov, G.V., Soyonov, V., Manica, A. (2012): Reconstructing the origin and spread of horse domestication in the Eurasian steppe. *Proc. Natl. Acad. Science* 109(21).8202-6. DOI: 10.1073/pnas.1111122109.
- Weber, B., Hoppe, C., Faber, J., Axmacher, N., Fliessbach, K., Mormann, F., Weis, S., Ruhlmann, J., Elger, C.E., Fernández, G. (2006): Association between scalp hair-whorl direction and hemispheric language dominance. *Neuroimage.* 1;30(2):539-43. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2005.09.037.
- Willems, M., Hennocq, Q., de Lara, S.T., Kogane, N., Fleury, V., Rayssiguier, R., Santander, J.J.C., Requena, R., Stirnemann, J., Khonsari, R.H. (2023): Genetic determinism and hemispheric influence in hair whorl formation. *J Stomatol. Oral Maxillofac. Surg.* 31;125(2):101664. DOI: 10.1016/j.jormas.2023.101664.
- Wilson, J.H. & Robinson. R.A. (1996): Risk factors for equine racing injuries. *Comp. Cont. Educ. Pract. Vet.* 18, 682 690.
- Wolfman, N.M., McPherron, A.C., Pappano, W.N., Davies, M.V., Song, K., Tomkinson, K.N., Lee, S. (2003): Activation of latent myostatin by the BMP-1/tolloid family of metalloproteinases. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 23;100(26):15842-6. DOI: 10.1073/pnas.2534946100.
- Wright, H., 1989. *Sir Charles Leicester Bloodstock Breeding*. Allen and Co Ltd., London. 520 p.
- Yokomori, T., Tozaki, T., Mita, H., Miyake, T., Kakoi, H., Kobayashi, Y., Kusano, K., Itou,T.,(2019): Heritability estimates of the position and number of facial hair whorls in Thoroughbred horses. *BMC Res. Notes*, 12, 346, DOI: 10.1186/s13104-019-4386-x.
- Young, L.E., Marlin, D.J., Deaton, C., Brown-Feltner, H., Roberts, C.A., Wood, J.L.N. (2002): Heart size estimated by echocardiography correlates with maximal oxygen uptake. *Equine Vet. J.* 34 (s34), 467–471. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2002.tb05467.x>.
- Young, L.E. (2003): Equine athletes, the equine athlete's heart and racing success. *Exp. Physiol.* 88 (5), 659–663. DOI: <https://doi.org/10.1113/eph8802615>.
- Young, L.E., Rogers, K., Wood, J.L. (2005): Left ventricular size and systolic function in Thoroughbred racehorses and their relationships to race performance. *J. Appl. Physiol.* 99 (4), 1278–1285. DOI <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01319.2004>.
- Zsolnai, A., Anton, I., Kühn, C., Fésüs, L. (2003): Detection of single-nucleotide polymorphisms coding for three ovine prion protein variants by primer extension assay and capillary

electrophoresis. Electrophoresis 24 (4), 634–638. DOI: <https://doi.org/10.1002/elps.200390074>.
http1: <https://horseracinghof.com/notable-heroes/the-darley-arabian/>
http2: <https://edition.cnn.com/2019/05/02/sport/secretariat-triple-crown-horse-racing-ron-turcotte-winning-post-spt-intl/index.html>
http3: angolteliver.com, <https://angolteliver.com/assets/media/rules-of-entry-to-hstb-2018.pdf>
http4: <https://horse-feeds.hu/>

10.2. TOVÁBBI MELLÉKLETEK

10.2.1. PUBLIKÁCIÓK

10.2.1.1. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

10.2.1.1.1. IDEGEN NYELVŰ FOLYÓIRATBAN MEGJELENT LEKTORÁLT CIKKEK

Kis, Judit, RÓZSA, László, ZSOLNAI, Attila, GRANT, Kristina, ANTON, István, HUSVÉTH, Ferenc (2024). Hair Whorl Patterns Relating to Equine Behaviour and Laterality in Hungarian Thoroughbred Racehorses. SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4969872>, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4969872>.

Kis, Judit; Rózsa, László; Husvéth, Ferenc; Mezőszentgyörgyi, Dávid; Kovács, Szilvia; Bakos, Zoltán; Zsolnai, Attila; Anton, István (2023). Association of myostatin gene polymorphism with echocardiographic and muscular ultrasonographic measurements in Hungarian Thoroughbred horses. RESEARCH IN VETERINARY SCIENCE 160 pp. 45-49.

Kis, Judit; Rózsa, László; Husvéth, Ferenc; Zsolnai, Attila; Anton, István (2021). Role of genes related to performance and reproduction of Thoroughbreds in training and breeding – A review. ACTA VETERINARIA HUNGARICA 69: 4 pp. 315-323.

10.2.1.1.2. MAGYAR NYELVŰ FOLYÓIRATBAN MEGJELENT LEKTORÁLT CIKKEK

Kis, Judit; Mezőszentgyörgyi, Dávid; Zsolnai, Attila; Rózsa, László; Husvéth, Ferenc; Anton, István (2022). Innovatív genomikai és élettani kutatások az angol telivér állomány versenyteljesítményének fokozása érdekében. SCIENTIA ET SECURITAS 3: 3 pp. 243-249.

Kis, Judit; Bodó, Szilárd; Rózsa, László; Zsolnai, Attila; Anton, István (2019). Molekuláris genetikai lehetőségek az optimális versenytáv és tréningmódszer megválasztásához angol telivéreknél. ÁLLATTENYÉSZTÉS ÉS TAKARMÁNYOZÁS 68: 4 pp. 313-329.

10.2.1.1.3. KONFERENCIAKIADVÁNYBAN MEGJELENT KÖZLEMÉNYEK MAGYAR NYELVEN

Kis, Judit; Zsolnai, Attila; Rózsa, László; Husvéth, Ferenc; Bakos, Zoltán; Kovács, Szilvia; Anton, István (2022). A miosztatin génpolimorfizmus, illetve az izom- és kardiovaszkuláris struktúrák összefüggésének vizsgálata angol telivér versenylovakon. In: Molnár, Dániel; Molnár, Dóra (szerk.) XXV. Tavaszi Szél Konferencia 2022. Absztraktkötet Budapest, Magyarország: Doktoranduszok Országos Szövetsége (DOSZ) 799 p. pp. 701-702.

Kis, Judit; Husvéth, Ferenc; Rózsa, László; Zsolnai, Attila; Anton, István (2020). A miosztatin génpolimorfizmus felmérése egy hazai angol telivér állományban. In: Bene, Szabolcs (szerk.) XXVI. Ifjúsági Tudományos Fórum Keszthely, Magyarország: Pannon Egyetem Georgikon Kar (2020) Paper: Kis_Judit_6o, 8 p.

Kis, Judit (2020): A miosztatin génpolimorfizmus felmérése hazai angol telivér állományon (Assessment of myostatin gene polymorphism in Thoroughbred horses in Hungary). In: Szakkollégiumi és a tudományos diákköri hallgatók kutatásai, EFOP-3.6.3. -VEKOP-16 -2017-00008. 58-62 p.

10.2.1.2. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉN KÍVÜL MEGJELENT TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ KÖZLEMÉNYEK

Kis, Judit; Zsolnai, Attila; Anton, István (2022). Schokwave, avagy mindent a lökéshullám-terápiáról. PEGAZUS: A LOVASOK LAPJA 18: 8 pp. 30-31.

Kis, Judit; Zsolnai, Attila; Anton, István (2022). A bakpata felismerése. PEGAZUS: A LOVASOK LAPJA 18: 8 pp. 22-23.

Kis, Judit; Zsolnai, Attila; Anton, István (2022). A terápiás és reprodukciós klónozás múltja, jelene és jövője. PEGAZUS: A LOVASOK LAPJA 18: 7 pp. 35-37.

Kis, Judit (2022). Asszisztált reprodukciós technikák pro és kontra. PEGAZUS: A LOVASOK LAPJA 18: 3 pp. 36-39.

- Kis, Judit** (2021). A versenylovak értékmérői. HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 6: 4-5 pp. 32-35.
- Kis, Judit** (2021). Animal Welfare II. rész. HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 6: 1 pp. 31-33.
- Kis, Judit** (2020). Animal Welfare I. rész. HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 5: 12 pp. 36-38.
- Kis, Judit** (2020). Tréning kiskaté – Az oxigénszállítás (VI. rész). HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 5: 11 pp. 29-31.
- Kis, Judit** (2020). Szívügyünk a ló! HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 5: 9 pp. 39-42.
- Kis, Judit** (2020). Itt a tavasz! - Az ellési és fedeztetési időszak kihívásai: vemhes kanca menedzsmént (I. rész). HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 5: 4 pp. 43-46.
- Kis, Judit** (2020). Tréning kiskaté – Anatómia alapok II. (V. rész). HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 5: 4 pp. 29-32.
- Kis, Judit** (2020). A láthatatlan veszély – Takarmányokban előforduló mikotoxinok HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 5: 3 pp. 39-42.
- Kis, Judit** (2020). Tréning kiskaté – Anatómia alapok (IV. rész). HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 5: 3 pp. 19-21.
- Kis, Judit** (2020). Segítség, nem eszik a lovam! HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 5: 2 pp. 25-27.
- Kis, Judit** (2020). Tréning kiskaté – Yearlingek: Betörés vagy belovaglás? (III. rész). HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 5: 2 pp. 20-22.
- Kis, Judit** (2020). Itt a tél! Takarózzunk? HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 5: 1 pp. 34-36.
- Kis, Judit** (2020). Tréning kiskaté – A hagyományos és az intervall edzés (II. rész). HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 5: 1 pp. 30-33.
- Kis, Judit** (2019). Gyors, gyorsabb, leggyorsabb – A genetika szerepe az angol telivérek versenyteljesítményében (VII. rész). HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 4: 12 pp. 36-38.
- Kis, Judit** (2019). Tréning kiskaté – Az energiaelőállítás alapjai: az aerob és anaerob edzés (I. rész). HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 4: 12 pp. 32-34.
- Kis, Judit** (2019). Kicsik, de kellemetlenek! A leggyakoribb élősködők és borbajok. HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 4: 11 pp. 24-25.

Kis, Judit (2019). A lovak gyomorfekélye – felismerés, megelőzés, kezelés. HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 4: 10 pp. 36-37.

Kis, Judit (2019). Gyors, gyorsabb, leggyorsabb – A genetika szerepe az angol telivérek versenyteljesítményében (VI. rész). HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 4: 10 pp. 32-34.

Kis, Judit (2019). Az eredményesség kulcsa? Mentális és fizikális egészség a csúcsformához HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 4: 9 pp. 34-36.

Kis, Judit (2019). Gyors, gyorsabb, leggyorsabb – A genetika szerepe az angol telivérek versenyteljesítményében (V. rész). HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 4: 9 pp. 30-32.

Kis, Judit (2019). Nem építünk légvárat! Légúti problémákról – őszintén. HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 4: 8 pp. 34-36.

Kis, Judit (2019). Gyors, gyorsabb, leggyorsabb – A genetika szerepe az angol telivérek versenyteljesítményében (IV. rész). HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 4: 8 pp. 30-32.

Kis, Judit (2019). Gyors, gyorsabb, leggyorsabb – A genetika szerepe az angol telivérek versenyteljesítményében (III. rész). HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 4: 7 pp. 22-24.

Kis, Judit (2019). Gyors, gyorsabb, leggyorsabb – A genetika szerepe az angol telivérek versenyteljesítményében (I. rész). HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 4: 5 pp. 47-49.

Kis, Judit (2019). Gyors, gyorsabb, leggyorsabb – A genetika szerepe az angol telivérek versenyteljesítményében (II. rész). HIPPODROM ÉS LOVARDA: A LÓ- ÉS LOVASSPORTOK SZÍNES MAGAZINJA 4: 6 pp. 42-44.

Balla, István; Tarnawa, Ákos; Horváth, Csaba; **Kis, Judit**; Jolánkai, Márton (2012). A precíziós technológiai alkalmazások lehetőségei és korlátai a búza és a kukorica termesztésében = Challenges and limitations of site specific crop production applications of wheat and maize. ACTA AGRARIA DEBRECENIENSIS / AGRÁRTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK: 49 pp. 101-104.

10.2.2. TEMPERAMENTUM KÉRDŐÍV

Jelölje be egy 1-9 terjedő skálán az alábbi tulajdonság/viselkedés mennyire jellemző (ló neve)

.....-ra/re!

Az 1 a legkevésbé jellemző, a 9 leginkább jellemző (nagyon jellemző)!

1. Ideges

O	O	O	O	O	O	O	O	O
1	2	3	4	5	6	7	8	9

2. Koncentrált/ Odafigyel a lovasára, lovászára

O	O	O	O	O	O	O	O	O
1	2	3	4	5	6	7	8	9

3. Önálló / Egyedül sem esik pánikba

O	O	O	O	O	O	O	O	O
1	2	3	4	5	6	7	8	9

4. Könnyen tréningezhető/ képezhető

O	O	O	O	O	O	O	O	O
1	2	3	4	5	6	7	8	9

5. Könnyen lesz izgatott

O	O	O	O	O	O	O	O	O
1	2	3	4	5	6	7	8	9

6. Barátságos az emberekkel

O	O	O	O	O	O	O	O	O
1	2	3	4	5	6	7	8	9

7. Kíváncsi

O	O	O	O	O	O	O	O	O
1	2	3	4	5	6	7	8	9

8. Memória (jó az emlékezőképessége, könnyen tanul)

O	O	O	O	O	O	O	O	O
1	2	3	4	5	6	7	8	9

9. Pánikra hajlamos

O	O	O	O	O	O	O	O	O
1	2	3	4	5	6	7	8	9

10. Együttműködő/ Kooperatív

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9

11. Kiszámíthatatlan napjai vannak (érzelmileg)

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9

12. Makacs

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9

13. Szelíd

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9

14. Éber

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9

15. Kitartó / elszánt

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9

16. Barátságos más lovakkal

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9

17. Nagy versenyszelleme van/ Kompetitív

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9

18. Félénk/ ijedős

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9

19. Bátortalan

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9

20. Könnyen vezethető (startgép)

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Dátum:

Kitöltő:

Aláírás:

Faktorcsoporthoz:

1. csoport – Szorongás:

- 1. kérdés (ideges)
- 5. kérdés (könnyen lesz izgatott)
- 9. kérdés (pánikra hajlamos)
- 11. kérdés (kiszámíthatatlan napjai vannak)
- 14. kérdés (éber)
- 18. kérdés (félénk/ijedős)
- 19. kérdés (bátortalan/félénk)

2. csoport – Trenírozhatóság

- 2. kérdés (koncentrált, odafigyel)
- 4. kérdés (könnyen tréningezhető/képezhető)
- 8. kérdés (jó az emlékezőképessége/ könnyen tanul)
- 15. kérdés (kitartó/elszánt)

3. csoport – Barátságosság

- 6. kérdés (barátságos az emberekkel)
- 10. kérdés (együttműködő/kooperatív)
- 13. kérdés (szelíd)
- 16. kérdés (barátságos más lovakkal)

4. csoport – Startgépezhetőség (nem vizsgált tényező)

- 20. kérdés (könnyen bevezethető a startgépbe)

Az egyedek temperamentumát kérdőíves felmérés segítségével értékeltük, amelyet az adott állatot jól ismerő gondozók (lovas, tréner, lovász) töltöttek ki. Minden ló esetében két gondozó – olyan szakemberek, akik legalább hat hónapon keresztül foglalkoztak az adott lóval – válaszolt a kérdőívre. Hosszú tapasztalatuk révén így képesek voltak megfelelően megismerni a lovakat a napi munka során. A kérdőív 20 temperamentumjegyből állt, amelyeket egy 9 fokozatú skálán értékeltünk. Minden jellemzőhöz tartozott egy leírás, hogy elkerüljük a nyelvi félreértéseket. Például az idegesség meghatározása a következő volt: „A ló hajlamos idegessé válni rovarok, zajok stb. hatására.” Az egyes jellemzőkre adott gondozói válaszok átlagát vettük figyelembe az értékelésben. Ennek a kérdőívnek a megbízhatóságát korábbi kutatások igazolták.

11. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program doktori hallgatói ösztöndíj programjának a nemzeti kutatási, fejlesztési és innovációs alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült (KDP 2020, R2535223 Projekt).

Köszönöm témavezetőim, Dr. Husvéth Ferenc és Dr. Anton István támogatását, akik szakmai tudásuk és segítőkészségük révén jelentős mértékben hozzájárultak a kutatások sikeres megvalósításához és az értekezés elkészítéséhez. A legkisebb túlzás nélkül kijelenthetem, hogy nélkülük nem jutottam volna el idáig. Nem csak kiváló szakemberekként, de példaképekként is előjáróként szolgáltak számomra, nem lehetek elég hálás, hogy ők voltak a témavezetőim.

Köszönetet mondok a dolgozatban felhasznált cikkek társszerzőinek, akik segítették a kutatási eredmények publikálását.

Köszönöm Dr. Zsolnai Attila segítségét a számítások elvégzésében, illetve az eredmények közlésében.

Köszönöm az egykori NAIK-ÁTHK vezetőjének, Dr. Rózsa Lászlónak a kutatások megvalósításában és a sportban nyújtott támogatását.

Köszönöm Szegedi Mónikának, az egykori NAIK-ÁTHK DNS-laboratóriuma asszisztensének a vizsgálatok elvégzésében nyújtott segítségét. Vidámsága és kedvessége minden napom könnyebbé tette.

Köszönettel tartozok a vizsgálatoknál segédkező trénernek: Paizs Gábornak, Csupor Ferencnek, Ribárszki Sándornak.

Köszönöm a sok segítséget a közreműködő állatorvosoknak: Dr. Kovács Szilviának és Dr. Bakos Zoltánnak.

Köszönöm Gönczi Rebeka zsokénak, aki nem csak munkám során nyújtott segítséged, de legjobb barátként mellettem állt a négy év alatt.

Köszönöm a Korinna Racing szindikátus tulajdonosainak, Szebényi Dánielnek és Szotyori Nagy Ádámnak szakmai tudásukat és azt, hogy rendelkezésünkre bocsátották lovaikat, ezzel nagyban segítve munkánkat.

Köszönöm a Bábolna Nemzeti Ménesbirtok dolgozóinak a munkám során tapasztalt kedves hozzáállást, türelmet, segítséget.

Köszönöm a rengeteg szakmai segítséget és támogatást barátomnak, Kovács Botondnak, aki sajnos már nem érhetette meg, hogy olvassa ezeket a sorokat. Kiváló javaslatait elmémbe-, kedves, támogató szavait pedig örökre szívembe véstem.

Köszönettel tartozom életutamat formáló lovaknak: Meránó, Graceland, Navigáló, Juniperus, Silver Chimes, Contesse és Timpex Jeremiás. Rengeteget tanultam tőlük és velük, ők inspiráltak, hogy az életemet a ló-és lovassportnak szenteljem. Ezek a lovak számos nehéz ponton átsegítettek, az évek során arra ösztönöztek és ösztönöznek, hogy minél jobb szakemberré váljak.

Köszönettel tartozom a támogatásért barátaimnak és a családomnak, különösen édesapámnak, aki elindított ezen az úton és rendületlenül hitt bennem, édesanyámnak, aki megszámlálhatatlan támogatást, vigaszt és szeretetet nyújtott az évek során, mostohaapámnak, aki pozitivitásával mindig tartotta bennem a lelket és testvéremnek, akiből csak egy van.

Külön köszönettel tartozom továbbá édesanyámnak, aki tizenhat évvel ezelőtt egy szóváltás során azt mondta, hogy nem lesz belőlem semmi. Sokat kellett dacolnom, küzdenem és várnom, hogy végül leírhasam ezeket a sorokat:

„Na ugye!”