

Szent István Egyetem Állatorvos-tudományi Kar
Nagyállat Klinika

Angol telivér versenylovak teljesítményvizsgálata

Készítette:

Csepi Gábor Pál

V. évfolyam

Témavezető:

Dr. Bohák Zsófia

klinikai állatorvos

SZIE-ÁOTK Nagyállat Klinika

2012

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	1
2. Irodalmi áttekintés.....	2
2.1. Izomműködés	2
2.2. Tüdőkapacitás.....	2
2.2.1. Munkavégzés hatása	2
2.2.2. A légvétel és mozgás kapcsolata	3
2.2.3. Gázcseré munkavégzéskor.....	3
2.3. Gyakran használt mutatók	4
2.3.1. Pulzusmérés	4
2.3.2. Laktátszint meghatározása	5
2.4. Egyéb metabolikus változások	6
2.4.1. Hematológia.....	6
2.4.2. Enzimek	7
2.4.3. Ionok	8
2.4.4. Glükóz.....	10
2.4.5. Vértgáz.....	10
2.5. Teljesítményvizsgálat	10
3. A vizsgálat célja	12
4. Anyag és módszer	14
4.1. A vizsgált lovak.....	14
4.2. Felszerelés	15
4.2.1. Endoszkóp (Fujinon FC-1Z)	15
4.2.2. Ultrahang (BK Medical flex Focus 700)	15
4.2.3. Polar Equine RS800CX G3 pulzusmérő.....	15
4.2.4. Olympus AU640 típusú biokémiai automata	16
4.2.5. Abacus hematológiai automata	16
4.2.6. ABL 505 típusú vértgáz analízátor	16
4.3. Statisztikai elemzés	16
4.4. A vizsgálat menete	16
5. Eredmények	19
5.1. Pulzusmérés.....	19
5.2. Laktátszint meghatározás	21

5.3. Glükózsztint mérés	23
5.4. Hematokrit.....	24
5.5. Hemoglobin.....	25
5.6. Fehérvérsajt szám.....	26
5.7. Vérlemezke szám	28
5.8. Vénás vérgáz elemzés	28
5.9. Enzimaktivitás változás	31
5.10. Ionsztint mérés	31
5.10.1. Nátriumion.....	32
5.10.2. Káliumion	33
5.10.3. Kalciumion	34
5.11. Sebességétől való függés	35
6. Megbeszélés	36
7. Összefoglalás	38
8. Summary	39
9. Irodalomjegyzék.....	40
10. Köszönetnyilvánítás	43

1. Bevezetés

Az elmúlt időszakban a humán orvosláshoz hasonlóan a lovas praxisban is önálló tudományterületté nőtte ki magát a sportélettan. A sport- és versenylovak teljesítményvizsgálatának egyre nagyobb szerepe van a klinikai diagnosztika mellett az edzéstervek kialakításában is.

A magyarországi viszonyoknak megfelelő, hazai méréseken alapuló, kifejezetten angol telivérekre szabott teljesítményvizsgálati protokoll eddig nem került kidolgozásra. Munkánk során ezért célul tűztük ki egy olyan mérési módszer megalkotását, mely alkalmas a magyarországi angol telivér versenylovak edzettségi állapotának felmérésére.

A terheléses vizsgálatok – angol telivérekre való – kidolgozására 2010-ben, egy Analiz nevű versenyló kapcsán kifejezett igény merült fel. Analiz teljesítménycsökkenés panaszával érkezett az üllői Nagyállat Klinikára, ahol részletes vizsgálatot követően túledzettséget diagnosztizáltak. Ennek során



1. ábra: Kincsem

azonban számos eredmény csak nehezen, vagy egyáltalán nem volt értékelhető referenciaadatok hiányában.

Ezen ür pótlására 2011 tavaszán megkezdtük a teljesítményvizsgálati protokoll kidolgozását. Ennek kapcsán tanulmányoztuk az Alagon tevékenykedő trénerek edzés módszereit és a zsokék munkáját egyaránt. Fontosnak tartottunk, hogy a lovak edzettségi állapotuknak megfelelő mértékű terhelésben részesüljenek a mérések alkalmával. Ennek érdekében a végleges munkamenet kidolgozása során a trénerek és zsokék véleményét messzemenően figyelembe vettük.

A – később referenciaként szolgáló – teljesítményvizsgálatba csak teljesen egészséges lovak vonhatók be. Ennek érdekében a terheléses méréseket megelőzően részletes fizikális vizsgálatot, kiegészítő műszeres vizsgálatokat, valamint sántaságvizsgálatot kell végezni.

A teljesítményvizsgálatokról általánosságban elmondható, hogy a mérések során a keringési- és a légző szervrendszer állapotát, az izomzat állapotát, a szervezet energiaellátottságát és a vér oxigénszállító kapacitását mérik fel. Adott ló terheléses vizsgálata során a mintavétel többszöri ismétlése szükséges (nyugalom, bemelegítés, terhelés, levezetés), mivel az edzettségi állapot megítélése szempontjából rendszerint nem a nyugalomban mért értékek fontosak, hanem a terhelés hatására az alapértékhez viszonyított változás [1].

2. Irodalmi áttekintés

2.1. Izomműködés

Munkavégzés hatására a szervezetben csaknem minden szervrendszert érintő, összerendezett változások jönnek létre. Ennek alapvető jelensége az energiát igénylő izom kontrakció. A szükséges energiát az izom adenzin-trifoszfát (ATP) bontásából nyeri. Az izomsejtek tárolhatnak energiát kreatin-foszfát formájában is, amelyről a kreatin-kináz (CK) enzim megfordítható reakcióban visz át foszfátsoportot ADP-re, biztosítva a kontrakcióhoz szükséges ATP-t. Az ATP molekula megfelelő mértékű pótlását a szervezet az anyagcsere fokozott működésével éri el, ami aerob és anaerob feltételek között is végbemehet. Aerob körülmények között az ATP termelés mértéke az oxidálódó szubsztát (többnyire zsírok és szénhidrátok) és az oxigén mennyiségétől függ. Anaerob módon rövid ideig bár, de a tejsavas erjedés által képes a szervezet energiát szolgáltatni [2].

Az ATP tehát aerob és anaerob anyagcsere folyamatok terméke egyaránt lehet. Glikolízis során a glükóz molekula piruváttá alakul, amelynek sorsa a sejt típusának, illetve oxigénellátottságának függvénye. Aerob viszonyok között a keletkezett piruvát zöme acetyl-CoA-vá alakul, mely belép a citrát-ciklusba. Anaerob körülmények között a piruvát laktáttá redukálódik, így ebben az esetben ez a glikolízis végterméke. A keletkező laktátot az izomsejtek jelentős részben leadják a keringésbe, amin keresztül eljut a májba, ahol glükoneogenezis révén glükózzá alakul (Cori-kör) [3].

Az ATP-szükséglet biztosításának mechanizmusa (aerob vagy anaerob/ szubsztát típusa) nagyban függ az izom anyagcseretípusától. A szívizomban és az oxidatív típusú vázizomban a zsírsav- és ketontest-oxidáció, valamint kisebb mértékben az aerob glikolízis játszik szerepet. Ez utóbbi a vérpályából felvett glükózt hasznosítja, mivel az oxidatív anyagcseréjű izmok nem rendelkeznek jelentős glikogénraktárral. Az oxidatív energiatermelés oxigén-szükségletét a gazdag kapillarizáció mellett a magas mioglobintartalom biztosítja, ami egyúttal az izom vörös színéért is felelős. A glikolitikus anyagcseréjű izmok energiaforrása az anaerob glikolízis. Ezt nagyrészt a rostok saját glikogénraktára látja el szubsztáttal. Ennek kimerülése után a glükóz molekulának közvetlenül a vérből történő felvétele nem elég gyors a kontrakció energiaszükségletének biztosítására. Ez a magyarázata ezen izomrostok fáradékonyságának [3].

2.2. Tüdőkapacitás

2.2.1. Munkavégzés hatása

Intenzív munkavégzéskor a ló anyagcseréje a nyugalmi érték több mint 30-szorosára növekszik. A jelentősen megnövekedett oxigén-fogyasztásnak eleget téve, a tüdőbeli gázcsere is jelentősen

megemelkedik. A légző izmok fokozott működése nagyobb mellűri nyomást tesz lehetővé, ami kiegészül a mozgással összefüggő emelkedett mell- és hasüregi nyomással. A szívverésszám emelkedése, a percenkénti lökettérfogat növekedése, a hemoglobin-szint és a hematokrit emelkedése, valamint egyéb élettani változások szintén a megnövekedett oxigénigény szolgálatában állnak. Intenzív munkavégzéskor a lovak légző rendszere mindezek ellenére képtelen megfelelő mértékben alkalmazkodni a fokozott igényhez és bizonyos mértékű terhelés után artériás hypoxaemia alakul ki. Versenylovak esetében a teljesítmény legfőbb korlátozó tényezőjének a légző rendszert tartják [2].

2.2.2. A légvétel és mozgás kapcsolata

Lovaknál, különösképpen az angol telivéreknél összefüggést láthatunk a légzés frekvenciája és a végtagok mozgása között [4]. Galopp közben egy vágtaugrás egy légvételt jelent. Ez az összekapcsoló mechanizmus még nem minden részletében tisztázott, azonban az biztos, hogy a gerincvelő afférens idegei szerepet játszanak kialakulásában. Erre utaló bizonyíték egy pónikkal foglalkozó vizsgálat eredménye is, ahol az afférens idegek egy részét kiiktatták. Ezáltal csökkent a munka során bekövetkező légzésfrekvencia növekedés, amiből arra következtettek, hogy a végtagok mozgása befolyásolja a légzést [2]. A jelenséget vágtaugrás angol telivérek esetében mindig megfigyelhetjük, a szakirodalomban ezt mozgás-légzés összekapcsolásnak (locomotory-respiratory coupling, LRC) nevezik. Ilyenkor tehát vágtaugrásonként egy légvétel történik, aminek oka feltehetőleg az energiatakarékos légzés biztosítása. Ez a légzési stratégia nem a leghatékonyabb, szerepet játszik az artériás hypoxaemia kialakulásában is, azonban a légzésre fordított energiát a ló így nagyban mérsékelni tudja.

2.2.3. Gázcsere munkavégzéskor

Fokozott munkavégzéskor az alveoláris ventiláció (alveoláris légzési perctérfogat) növekedése nem képes a megnövekedett oxigénigénnyel lépést tartani. Ha egy ló túllépi a maximálisan lehetséges oxigénfogyasztás (VO_{2max}) 65%-át a munka során, artériás hypoxaemia lép fel, az alveoláris-artériás oxigén különbség nő. Amennyiben a maximális érték 85%-át is túllépi, arteriális hypercapnia is kialakul [5, 6].

A telivérek munkavégzése során fellépő hypoxaemia legfőbb okai a már említett energiatakarékos légzési stratégia (LRC), valamint az oxigén alveolus-kapilláris barrieren keresztüli diffúziójának korlátozottsága [5, 7]. A felgyorsult vérkeringés miatt nem áll rendelkezésre elegendő idő a diffúzió, vagyis a gázcsere maradéktalan lezajlásához. A gázcsere-re rendelkezésre álló idő lovaknál nyugalomban 0,75-1,0 másodperc, ami munkavégzéskor átlagosan 0,38-0,40 másodperc közé csökken. Ez az érték meglepő módon meghaladja mind a kutyánál (0,29 sec), mind pedig a póniknál

(0,35 sec) mérhető értéket [8], ennek ellenére sem a kutyanál, sem a pónik esetében nem tapasztalható artériás hypoxaemia még kimerítő munkavégzés után sem. Egyes kutatók szerint az ellentmondás oka, hogy lovak esetében a tranzitidő széles skálán mozoghat, így nem reprezentatív az átlag tranzitidő meghatározása. Hiába mérhető összességében a többi állatfajhoz hasonló, vagy annál magasabb átlagérték, bizonyos tüdőterületeken mégis extrém rövid tranzitidő áll csak rendelkezésre, melyet nem képes kompenzálni a máshol akár a kellőnél is hosszabb ideig tartó gázcsere.

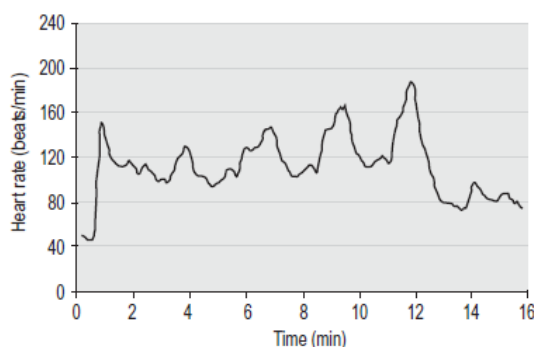
2.3. Gyakran használt mutatók

A teljesítményvizsgálat alapját képezi a pulzusmérés, illetve a vér laktát koncentrációjának meghatározása. A szakirodalomban gyakran találkozhatunk a V200 (velocity-200) értékkel, ami azt a sebességet jelöli, melynél a percenkénti szívverésszám 200. Emellett használatos a VHR_{max} (velocity - heart rate max) érték is, mely a maximális percenkénti szívverésszám mellett elért sebességet jelenti. Az edzettséget kifejezhetjük a vér laktát koncentrációjára vonatkoztatva is. Ez általában a VLa4 értékkel történik, mely azt a sebességet mutatja meg, melynél a vér laktát koncentrációja 4 mmol/l. Minél magasabbak a fent említett értékek, annál jobb a ló edzettsége. A VLa4-et ritkán használják versenylovak teljesítményének terepen való vizsgálatakor, mivel gyakorlatban való alkalmazása meglehetősen nehézkes [2].

2.3.1. Pulzusmérés

A terepen végzett teljesítményvizsgálatoknak és a szívverés frekvencia meghatározásának egy, illetve többlépcsős módja lehetséges. Az egylépcsős vizsgálat egy fokozatosan emelkedő, folyamatos terhelést jelent, míg a többlépcsős teljesítményvizsgálat során lépésszakaszok, vagyis rövid pihenőidők beiktatásával emelik a sebességet. Újabban ez utóbbi módszer vált elterjedtebbé.

Egy ausztrál kutatásban [9] 17 versenylovat vizsgáltak, ahol a megfelelő bemelegítés után 4 egyre gyorsuló vágtaszakasz következett, melyek között rövid ideig léptették a lovakat. A 4 szakaszt 250, 300, 450 és 600 m/perc-es sebességgel kellett megtenniük. A vizsgálat teljes időtartama alatt mérték a lovak pulzusát. A 2. ábrán a kutatásban résztvevő egyik ló pulzuscúrbójét láthatjuk, melyen jól szembetűnik, hogy a munka kezdetén (kb. az 1. percnél) hirtelen megugrott a pulzus, ami versenylovak esetében általános jelenség, az úgynevezett



2. ábra: Pulzuscúrbó [2]

jól szembetűnik, hogy a munka kezdetén (kb. az 1. percnél) hirtelen megugrott a pulzus, ami versenylovak esetében általános jelenség, az úgynevezett

„overshoot”. Ez a cardiovasculáris reakció rendszerint a munka kezdetén, a bemelegítés során jelentkezik. Háttérben a parasympathicus gátlás átmeneti kiesése áll, vagyis a pulzusemelkedés nem a terhelés fokozódásának következménye. Amennyiben továbbra sem következik be munkaintenzitásbeli növekedés, a szervezet felmérve aktuális igényét, rövid időn belül visszaállítja a tényleges szükségleteknek megfelelő szívverésszámot. Serrano et al. kísérletében az „overshoot” jelenség után a négy vágtaszakasznak megfelelően négy csúcsot láthatunk (kb. a 4., 7., 9. és 12. percnél). A mérés során kapott eredményekből kiszámítható a V200 értéke is, mely jelen esetben 560 és 900 m/perc közé esett.

Egy másik tanulmány rámutat [10], hogy a V200 értékét jelentősen befolyásolja a talaj típusa, eszerint a homokpályán alacsonyabb értékekre számíthatunk, mint gyepon. Érdekes módon azonban a lovas súlya (55 kg és 70 kg) sokkal kisebb mértékben befolyásolta a V200 értékét.

Humán kutatásokkal szemben, a lovak edzettségi állapotának összehasonlítására a V200 kevésbé alkalmas, mivel az emberekkel ellentétben lovaknál a maximális szívverésszám egyedenként jelentősen különbözhet. Vannak lovak, melyek a legnagyobb terhelés hatására sem érik el a 200/perces pulzus értéket, míg másoknál (leginkább az angol telivéreknél) akár 245/perces szívverésszám is mérhető. A korral a HR_{max} , vagyis a maximális elérhető pulzus csökkenhet. A lovak edzettségi állapotának összehasonlításakor ezért csak ritkán használjuk a V200 értéket, ehelyett célszerűbb a VHR_{max} -ot választani [11]. A HR_{max} tréninggel nem emelhető, csak a hozzá tartozó teljesítmény javítható [12]. Az adott egyed pulzusmaximuma intenzív terheléssel könnyen meghatározható, így a későbbiekben ezt az értéket a lóhoz rendelve, összehasonlítható lesz a lovak önmagukhoz- és egymáshoz viszonyított teljesítménye is.

2.3.2. Laktátszint meghatározása

A terepen végzett mérések esetén a legnagyobb nehézséget a lovak által végzett munka objektív ellenőrzése jelenti. A standard vizsgálatoknál megkívánják a sebességnek, a munka időtartamának, illetve a gyorsulás mértékének az ellenőrzését. Mindez futópados méréseknél nem okoz problémát és akár több lépéses vizsgálatok is végezhetők, azonban terepi körülmények között kivitelezésük nehéz. A VLa4 és VLa10 értékek meghatározása terepen különösen nehézkes, mivel a versenypályán gyakorlatilag lehetetlen minden mérésnél azonos körülményeket biztosítani, valamint a lovakkal állandó sebességet tartani a mérés teljes ideje alatt.

A laktát koncentráció meghatározásának már tárgyalt többlépcsős mérését végezte el A. J. Davie és D. L. Evans. Munkájuk során angol telivér versenylovakat vizsgáltak terep körülmények között. Összesen 46 versenylovat vontak be a kutatásba, melyek 2-7 évesek voltak. Ebből 21 ló homokpályán, 25 pedig gyepon futott. Minden mérést kedvező időjárási viszonyok között végeztek. A bemelegítést követően minden ló 4x200 métert futott, 13-16 m/s sebességtartományban. A

vágtszakaszok közé 5 perc lépést iktattak, valamint ekkor gyűjtötték a vérmintákat is. Eredményeik megerősítették a többlépcsős vizsgálatok használhatóságát angol telivérek esetén; vér laktát koncentrációja, valamint a sebesség jól korreláltak egymással [13].

2.4. Egyéb metabolikus változások

2.4.1. Hematológia

Fizikai terhelés hatására a lépben tárolt vörösvérsejtek mobilizálódnak, ezáltal növelve a vér oxigénszállító kapacitását. A keringő vörösvérsejtek számának növekedése meglehetősen nagy lehet, mivel lovakban, a lép a szervezetben jelenlevő összes vörösvérsejtnak mintegy 50%-át képes tárolni. Az itt tárolt vörösvérsejtek kibocsátása a mellékvese velőállományában termelődő katekolaminok hatására történik, melyet jelentős mértékben befolyásol a munka intenzitása, valamint időtartama [14]. Eszerint minél intenzívebb a munkavégzés, annál nagyobb mértékben nő a hematokrit, egészen a maximális 60-65%-os értékig [15]. A lép kapacitása változó lehet fajtára és az egyed életkorára való tekintettel. A félév lovaknak viszonylag kisebb tömegű lépük van a telivérekhez képest, valamint ügetők esetében megfigyelték, hogy a lép kibocsátó-kapacitása nő az életkorral (1-től 3 éves korig) [2].

Noha az intenzív munka közbeni hematokrit érték növekedés nagyrészt a lép kontrakciónak tulajdonítható, bizonyos mértékű szerepet játszik benne a szervezeten belüli folyadék háztartás átrendeződése is. Azon lovak esetében, melyek rövid ideig növekvő intenzitású munkát végeznek, 5-10 %-os plazma térfogat csökkenés figyelhető meg [2].

A hematokrit érték növekedésével együtt értelemszerűen nő a vér hemoglobin koncentrációja is. Ennek következménye a nagyobb mértékű oxigén-szállító kapacitás, ami fontos tényezője a lovak magas aerob kapacitásának. Ezt igazolja az a megfigyelés, miszerint lovak lépének eltávolítását követően jelentős mértékben csökkent az érintett lovak teljesítőképessége [2].

Munkavégzéskor nemcsak a vörös-, hanem fehérvérsejtek mennyisége is emelkedhet a vérben. Nyugalomban vett vérmintából ugyanis csak a keringésben levő fehérvérsejtek mennyiségéről nyerünk információt, a keringésen kívüli (marginális, lépben tárolt) sejtekről nem [2].

Szakirodalmi adatok beszámolnak arról, hogy a munka intenzitása és időtartama egyaránt befolyásolja fehérvérsejtek vérben mérhető mennyiségét és arányát [2].

Rövid ideig tartó, intenzív munka során (pl. galopplovak esetén) a teljes fehérvérsejt szám csak kis mértékben emelkedik, azonban a különböző sejttípusok aránya szembetűnően módosul. A neutrophil granulocytá : lymphocytá arány csökken, vagyis átmeneti lymphocytosis alakul ki, ami feltehetőleg a már korábban tárgyalt lép kontrakciónak köszönhető.

Hosszú távú munkavégzéskor (távlovak esetén) kifejezett fehérvérsejt szám emelkedést tapasztalunk, valamint – szemben a rövidtávú, intenzív munkával – neutrophilia és lymphopenia jelentkezik [16], melynek mértéke a sebességgel nő. Ez a jelenség feltehetőleg a munka során felszabaduló kortikoszteroidoknak tudható be [17].

A vérben keringő vérlemezék mennyisége – hasonlóan a vörösvérsejtekhez – a munka intenzitásával egyenes arányban változik. Kismértékű terhelés hatására nem tapasztalunk számottevő emelkedést, intenzív munkavégzéskor viszont jelentősen emelkedik a vérlemezék mennyisége [2].

2.4.2. Enzimek

Munkavégzés hatására a plazma kreatin-kináz (CK), aszparaginsav-transzamináz (AST) [18] és laktát-dehidrogenáz (LDH) [19] aktivitása nő. Ez a növekedés feltehetőleg kisebb sarcolemma sérülések, vagy egyéb okból bekövetkező átmeneti permeabilitás növekedés következménye. Élettani mértékű aktivitásnövekedés szövetpusztulás nélkül is bekövetkezhet. A felsorolt enzimek aktivitásnövekedésének mértéke a végzet munka jellegétől függően eltérő lehet. Intenzív munkavégzéskor a CK enzim plazmaszintjének szignifikáns emelkedéséről számolnak be egyes tanulmányok [20], míg könnyű munkát követően nem figyelhető meg jelentős enzimaktivitás változás. A munka intenzitása mellett, a munka időtartama talán még fontosabb tényező az enzimaktivitás növekedés szempontjából [2].

Kreatin-kináz főleg a váz- és szívizomsejtek citoplazmájában, valamint a központi idegrendszerben található. Három izoenzime ismert, amelyek az M (muscle) és a B (brain) alegységek dimerjei. A vázizomban a CK-MM, a szívizomban a CK-MB, az agyban pedig a CK-BB található a legnagyobb arányban. Az össz-CK enzimaktivitás növekedése általában a CK-MM izoenzim mennyiségének növekedését tükrözi. Az izombeli CK feladata megfelelő mennyiségű ATP biztosítása az izomösszehúzódáshoz, amit ADP foszforilációjával, kreatin-foszfát felhasználásával ér el. Megnövekedett össz-CK enzimaktivitás lovak esetében elsősorban erős fizikai munkavégzés esetén mérhető. Plazmabeli aktivitásának felezési ideje hozzávetőlegesen 2 óra [1].

Az aszparaginsav-transzamináz enzimnek sejteken belül kétféle izoenzime fordul elő, egyikük a citoszolban, a másik pedig a mitokondriumban. Nagyállatokban az AST kevésbé izom-specifikus, megtalálható a váz- és szívizomzaton kívül a májban, valamint a vörösvérsejtekben. Kórosan emelkedett enzimaktivitást ennek megfelelően májbetegségek fennállásakor illetve szív- és vázizom

károsodáskor tapasztalunk. Munkavégzéskor csak enyhe AST-emelkedés fordul elő. Felezési ideje kb. 7-8 nap [1, 2].

A laktát-dehidrogenáz citoplazmatikus enzim, feladata a piruvát laktáttá való átalakítása. Ötféle ismert izoenzime a szervezet szöveteiben általánosan előfordul, ezért aktivitásváltozásának mérése nem szerv specifikus. Az enzimaktivitás a nyugalmi értékhez képest nagyságrendekkel nő gyulladásos, traumás, vagy toxikus eredetű vázizom károsodáskor, lovakban rhabdomyolysis esetén, myocarditiskor, súlyos májfunkciózavarban, szívizom-ischaemia, illetve egyes daganatos megbetegedések esetén. A vázizomban főleg az LDH-5 izoenzim fordul elő, plazma felezési ideje kevesebb, mint 6 óra [1, 2]. Munkavégzés során normális esetben csak enyhe LDH emelkedés figyelhető meg, hiszen jó esetben a munkavégzés nagyobb része aerob körülmények között zajlik. Ekkor – a korábban leírtak szerint – a piruvát oxigén jelenlétében acetyl-CoA-vá alakul, mely belép a citrát-ciklusba. Az LDH enzim – a piruvát laktáttá való redukálásával – csak anaerob körülmények között kap szerepet. Extrém mértékű, kimerítő, és főként anaerob zónában történő terhelésre a ló erőteljes LDH emelkedéssel válaszol, azonban ez a szervezet számára már káros, a ló edzettségi állapotához mérten túlzott munkavégzést feltételez.

2.4.3. Ionok

A nátrium- és kálium-ion sejten belül és azon kívül mérhető koncentrációja szigorúan meghatározott. A Na^+ ion intracelluláris koncentrációja 10-15 mmol/l, míg extracellulárisan 140 mmol/l, ezáltal a nátriumion az extracelluláris tér legfontosabb kationja. A kloridionnal együtt meghatározó szerepet tölt be a vér ozmózisnyomásának fenntartásában. Ezzel szemben a K^+ az intracelluláris tér legjelentősebb kationja. Sejten belüli koncentrációja 140-150 mmol/l, míg sejten kívül mérhető koncentrációja körülbelül 4 mmol/l. A nátrium- és káliumion között fennálló koncentrációkülönbség felelős a sejtek nyugalmi membránpotenciáljának létrejöttében, mely -60 és -90 mV közötti tartományba esik. Ez a belső negatív potenciál, valamint az ionok extra- és intracelluláris koncentrációkülönbsége olyan mértékű elektrokémiai grádienszt jelent, ami – a korlátozott membránpermeabilitás ellenére – a Na^+ -t a sejten belülré, míg a K^+ -t azon kívülre hajtja. A sejt ezt a folyamatot a Na^+K^+ -pumpa működése révén kompenzálja, mely minden sejt plazmamembránjában jelen van. Egy ATP molekula hidrolízise által 3 Na^+ iont juttat a sejten kívülre, valamint 2 K^+ iont a sejten belülré [3].

A szervezet tehát ezen ionok koncentrációját mind intra-, mind extracellulárisan igyekszik szűk határokon belül tartani. Munkavégzéskor azonban – annak intenzitásától függően – bizonyos mértékű koncentrációváltozást tapasztalunk. Könnyű, illetve közepes erősségű terheléskor a plazma megnövekedett K^+ koncentrációjáról számolnak be, amit emelkedett aldoszteronszint is kísér [21].

Emellett elhanyagolható szintű Na^+ koncentráció csökkenést mértek. Az aldosteron felszabadulás kiváltója tehát elsősorban az emelkedett K^+ koncentráció volt, ezzel megelőzve a magas plazmabeli K^+ koncentráció – harántcsíkolt- és szívizomműködésre gyakorolt – káros hatásait.

Intenzív munkavégzés alkalmával a Na^+ ion kiválasztásának kifejezett csökkenését figyelték meg, ami a glomerulus filtrációs ráta (GFR) egyidejű csökkentésével érhető el [22].

Az intracelluláris Ca^{2+} ion szabályozó szerepet tölt be számos folyamatban, így például az izomkontrakcióban is. Ezt a szabályozó funkciót az extra- és intracelluláris tér között fennálló négy nagyságrendnyi koncentráció különbség teszi lehetővé. Sejten kívül mikromólos-, sejten belül pedig milimólos nagyságrendű a Ca^{2+} ionkoncentráció. A sejten belüli Ca^{2+} szint emelkedése egyrészt az extracelluláris Ca^{2+} ionok belépésének, másrészt az intracelluláris kompartmentekben (ilyen például a szarkoplazmatikus retikulum) jelen levő Ca^{2+} citoplazmába kerülésének eredménye.

Az izomkontrakció és -relaxáció szabályozója a szarkoplazma szabad Ca^{2+} koncentrációváltozása.

Az izomrostok endoplazmatikus retikulum hálózata az ún. szarkoplazmatikus retikulummá alakult, mely Ca^{2+} raktározásra és felszabadításra specializálódott. Akciós potenciál hatására a Ca^{2+} ionok a szarkoplazmába ürülnek, ahol az ionok troponin-C-hez kötődve a troponin molekula konformáció változását idézik elő, lehetővé téve az izomkontrakciót [3]. Intenzív munkavégzéskor az anaerob energiatermelés következményeként kialakuló pH csökkenés (H^+ koncentráció növekedés) a troponin-C Ca^{2+} ionnak szembeni érzékenységét csökkenti, ami hozzájárul az izomfáradáshoz [2].

Az izomrostok esetében tehát a szarkoplazmatikus Ca^{2+} koncentrációnövekedést nem az ionok extracelluláris térből való beáramlása, hanem a sejten belüli szarkoplazmatikus retikulumból való ürülése eredményezi. Ez alapján a sejten kívüli térben – és ennél fogva a vérplazmában is – viszonylag alacsony koncentrációingadozásra számíthatunk. Ezt a feltételezést támasztja alá egy japán kutatás is [23], ahol standard futópados munkát követően mérték különböző ásványi anyagok vérben bekövetkezett koncentrációváltozását. Közvetlenül az intenzív munka befejezése után gyűjtött mintákban nem tapasztalták a kalciumion koncentrációnövekedését, a levezetést követően vett mintákban pedig a nyugalminál alacsonyabb értéket mértek. A munka közbeni folyadékvesztés (izzadás) következményeként fellépő hemokoncentráció miatt feltehetőleg átmenetileg enyhe Ca^{2+} koncentrációnövekedés lejátszott, azonban ezt gyorsan követte a kalcitoninszint emelkedése, ami kompenzálta az ideiglenes ionszint emelkedést. Így az intenzív munka befejeztével ismét a nyugalmi értéknek megfelelő Ca^{2+} ion koncentrációt mértek. A kalcitoninnak köszönhetően a levezetés végére már a nyugalminál alacsonyabb ionkoncentráció állt fenn. A levezető lépcsőszakasz befejezése után két órával ismét a nyugalmi értékre állt be a Ca^{2+} koncentráció.

2.4.4. Glükóz

Ahogy már korábban is utaltunk rá, a glükóz az egyik legfontosabb energiaforrás a szervezet számára. A vér glükóz koncentrációját szűk határokon belül kell tartani a szervezet normális működése érdekében. Az éhezési vércukorszint lovak esetén 3-5 mmol/l, azonban bizonyos (fiziológiás) esetekben ettől eltérést tapasztalunk. Ilyen például az intenzív munkavégzés, amikor a nyugalmi értéknek akár a dupláját is mérhetjük.

A munkavégzés elején a vércukor koncentráció hirtelen csökkenést mutathat a nyugalmi értékhez képest, mivel az ilyenkor hirtelen felhasznált glükózt még nem képes a szervezet pótolni. A későbbiekben a vércukorszint emelkedik, ismét eléri a nyugalmi élettani értéket, majd intenzív terhelés hatására, glükoneogenezis révén „cukor többlet” szabadul fel a raktárakból, ezáltal biztosítva a megnövekedett energiaigényt.

2.4.5. Vérgáz

Vérgáz elemzés céljára egyaránt használható artériás, vénás és kapilláris eredetű minta. Teljesítményvizsgálatok végzésekor a legáltalánosabban az artériás vérmintából történő vérgáz meghatározás terjedt el.

A gázcsere hajtóereje az oxigén és szén-dioxid alveoláris és kapilláris parciális nyomása között fennálló különbség. A nyugalmi alveolokapilláris diffúzióra lovak esetén – ahogy már korábban is említettük – 0,75-1,0 másodperc áll rendelkezésre. Intenzív munkavégzéskor azonban a felgyorsult kapilláriskeringés miatt a tranzitidő átlagosan 0,38-0,40 másodperc közé csökken. Emiatt egyes tüdőterületeken a teljes gázcsere lezajlásához nem áll rendelkezésre elegendő idő, így a tüdőt elhagyó artériás vér O_2 -tenziója a nyugalomban mérhető átlagos 95 Hgmm-hez képest alacsonyabb lesz. A terhelés növelésével – a maximális oxigénfogyasztás 85%-át túllépve – a termelődött szén-dioxid leadása sem történik meg maradéktalanul, így az artériás hypoxaemia mellett artériás hypercapnia is mérhető [5, 7].

2.5. Teljesítményvizsgálat

Lovak teljesítményvizsgálatát végezhetjük futópadon és terepen egyaránt. A terepen végzett mérések nagy előnye, hogy a ló megszokott környezetben dolgozhat, így nem igényel hozzászoktatást, valamint a munka közbeni stressz is „valós” mértékben lép fel. Itt a talajviszonyok azonosak a versenypálya talajával, és a zsoké hatása is érvényesül. A



3. ábra: Teljesítményvizsgálat, Alag

lósport alacsony költségvetése miatt, nem utolsó szempont az eszközigény csökkentése sem, ugyanis egy futópad beszerzése, fenntartása, nem kigazdálkodható plusz-költség a magyar telivérivar jelentős hányadának. Több



kutatás is készült a futópados és terepi munka összehasonlíthatóságáról [24, 25], és bár precíz környezeti adaptációval (ellenszél, páratartalom, felverődő por, stb.) kivitelezhető hiteles futópados vizsgálat, a terepen végzett kutatások összességükben mindig életszerűbbek. Mindezt figyelembe véve a futópadon végzett vizsgálati módszer nagy előnye

4. ábra: Futópados vizsgálat, Üllő

viszont, hogy a vizsgálat körülményei sokkal inkább standardizálhatók, valamint klinikai környezetben lehet a méréseket végezni, ami nem csak pontosabbá, de biztonságosabbá is teszi a műveletet [2].

A teljesítményvizsgálatok során fontos kérdés, hogy artériás vagy vénás vért használunk a mérések során. A gázcsere által közvetlenül nem befolyásolt mutatók (ionok, enzimek, stb.) vizsgálatára rendszerint vénás vért használnak [1, 2], ezen paraméterek értékei gyakorlatilag megegyeznek az artériás, illetve vénás vérben. Ezzel ellentétben a vérgáz elemzést nagyban befolyásolja, hogy a gázcsere lezajlása előtti vagy utáni, az izmok oxigén-elvonása előtti vagy utáni – vagyis, hogy artériás vagy vénás – vért vizsgálunk-e. A szakirodalom vérgáz-elemzéshez szinte kivétel nélkül artériás vért használ, így bizonyítva az artériás hypoxaemia megjelenését [26]. A kutatás-tervezés során ezekből kiindulva mi is artériás mintavételt tűztünk ki, azonban a vérvétel (speciális felszerelés nélkül – mely nem állt rendelkezésünkre) terepi körülmények között kivitelezhetetlen. Ezt a tapasztalatunkat figyelembe véve merült fel a kérdés, hogy az ionok és enzimek vizsgálata mellett, vajon találunk-e használható összefüggést a vénás vér oxigén tartalma és a lovak teljesítménye között. Megjelenik-e a már bizonyított artériás hypoxaemia vénás hypoxaemia- vagy esetleg hyperoxaemiaként az elemzések során?

3. A vizsgálat célja

Ahogy már korábban szó volt róla, a klinikai diagnosztikai munka során – Analiz esete kapcsán – merült fel az igény egy kifejezetten angol telivérekre szabott teljesítményvizsgálati protokoll megalkotására. Analiz 2010-ben, 3 évesen érkezett az üllői Nagyállat Klinikára teljesítménycsökkenés panaszával. A ló igen eredményes szülők ivadéka, valamint ő maga is jó teljesítményt mutatott felkészítésének bizonyos szakaszáig. Egy idő után azonban edzéseken és versenyeken nyújtott teljesítménye romlani kezdett és egyre gyengébb lett. A klinikára való beérkezést követően részletes fizikális-, valamint kiegészítő műszeres vizsgálatok mellett terep körülmények között teljesítményvizsgálatot is végeztek, azonban a kapott eredmények nagy része referenciaadatok hiányában alig, vagy egyáltalán nem volt értékelhető. Korábban a klinikán már végeztek lipicai fogatlovakkal hasonló vizsgálatokat, azonban az itt kapott eredmények, a lovak által végzett munka jellegének és a két fajta adottságainak különbsége miatt, nem felhasználhatóak galopplovak vizsgálatakor. Ezen eset kapcsán fogalmazódott meg tehát az igény egy angol telivérekre szabott teljesítményvizsgálati protokoll kidolgozására.

Az első fontos kérdést a vizsgálat színtere jelentette, vagyis hogy futópados, vagy terepi körülmények között érdemes-e vizsgálni a lovakat. A két módszer – korábban már taglalt – előnyeit és hátrányait figyelembe véve a terepi vizsgálat mellett döntöttünk és megkezdtük a módszer kidolgozását.

Célunk egy olyan teljesítményvizsgálati protokoll megalkotása volt, melynek segítségével objektív módon felmérhető a magyarországi telivér állomány átlagteljesítménye. Ismereteink bővítése érdekében az alagi tréningközpontba számos alkalommal ellátogattunk, ahol a trénerek és zsokéik segítségével betekintést nyerhettünk a telivéripár világába. Megismerkedtünk a napi rutinnal, az edzéstervvel, valamint tanulmányoztuk a lovak takarmányozását. Mindennek figyelembevételével összeállítottunk egy vizsgálati protokollt, ami a fiatal versenylovak fizikai felkészültségének megfelelő mértékű terhelést biztosít. Teljesítményvizsgálat végzésekor nagyon fontos ugyanis, hogy a lovat egyedi képességeihez mérten terheljük. Ha a munka túl könnyű, akkor nem kapunk értékelhető információt az egyed teljesítményéről, ha pedig túl nagy a terhelés, sérülést okozhat.

2011 nyarán szakirodalmi adatokat, illetve a szakemberek véleményét, tanácsait is figyelembe véve véglegesítettük terveinket és megalkottuk vizsgálati protokollunkat, melynek alapján eddig kilenc ló mérését végeztük el. Távlati célunk a későbbi teljesítményvizsgálatokhoz megfelelő referenciatablázat kidolgozása (pulzus, hematológiai-, biokémiai-, és vérgáz paraméterek), ehhez azonban nagyszámú minta szükséges. Egyúttal szeretnénk a tapasztalati úton kialakított

edzésterveket a tudomány bevonásával tökéletesíteni, ezáltal a magyar telivéripart a nemzetközi színvonalhoz felzárkóztatni.



5. ábra: Lóverseny, Hannover

4. Anyag és módszer

4.1. A vizsgált lovak

Munkánk során aktívan versenyző, angol telivér fajtájú galopplovakkal dolgoztunk. A mérésben résztvevő lovak mindegyike a Bábolna Nemzeti Ménesbirtok dióspusztai ménésében született. A csikók másfél éves korukig nevelkedtek a ménésben, majd Alagra kerültek kiképzésre. A fiatal állatok belovaglása rendszerint ősszel veszi kezdetét, így a tavaszi versenyszezonban, két évesen már versenyeznek.



6. ábra: Dióspusztai angol telivér ménes

Eddigi munkánk során kilenc ló vizsgálatát végeztük el, melyek neveit a főbb jellemzőkkel az 1. táblázatban láthatjuk.

1. táblázat: Vizsgált lovak

Név	Kor	Szín	Ivar
Belle Lord	3 éves	sötétpej	mén
Kalamajka	2 éves	pej	mén
Good Will	2 éves	sárga	mén
Tábortűz	2 éves	pej	kanca
Büszke Botond	2 éves	sötétpej	mén
Báránfelflő	2 éves	pej	kanca
Lángnyelv	3 éves	pej	mén
Kengyelfutó	3 éves	sötétpej	kanca
Orka	2 éves	sötétpej	kanca

4.2. Felszerelés

4.2.1. Endoszkóp (Fujinon FC-1Z)

A lovak egészségi állapotának felmérése érdekében a mérést megelőző napokban részletes fizikális vizsgálatot követően műszeres kiegészítő vizsgálatokat végeztünk. Az endoszkópos vizsgálat során célunk az angol telivér lovaknál sajnos gyakran előforduló felső légúti betegségek (hörgősség, DDSP /lágyszájpad dorsalis helyzetváltozása/ stb.) illetve nyálkaképződéssel járó gyulladásos vagy allergiás légúti folyamatok kizárása volt.

4.2.2. Ultrahang (BK Medical flex Focus 700)

Az ultrahang vizsgálat célja a mell-, valamint hasüregi szervek állapotának felmérése volt. Nagy figyelmet szenteltünk a múltban esetlegesen lezajlott mellúri gyulladások nyomainak feltérképezésére, melyet az ultrahangon a mellhártya felől kiinduló jellegzetes, „napsugár-szerű” sávok jeleznek.

4.2.3. Polar Equine RS800CX G3 pulzusmérő



7. ábra: Polar-óra

A műszer alapvetően három részből áll. Az egyik a lovon rögzíthető gumiheveder, melynek elektródái a szív felett helyeződve detektálják az állat pulzusát. A másik fontos elem a lovas csuklóján levő karóra, melynek stopperének segítségével mérni lehet az adott futam idejét, illetve az eszközhöz tartozó szoftver segítségével feltüntethető minden egyes vágtaszakasz kezdete és vége a pulzus, valamint sebesség görbéken. A harmadik elem egy a lovas bal felkarjára csatlakozható érzékelő,

mely GPS-el van felszerelve. Ennek segítségével a munka teljes időtartama alatt regisztrálni lehet a ló-lovas páros sebességét.

Az eszközhöz tartozó szoftver lehetővé teszi számunkra, hogy a munka kezdetétől a végéig rögzített sebesség-, illetve pulzus adatokból különféle számításokat végezzünk, akár részávokra bontva.



8. ábra: Adatátvitel számítógépre

4.2.4. Olympus AU640 típusú biokémiai automata

A vért alvadás gátlót nem tartalmazó mintavételi csövekbe gyűjtöttük, majd a – hűtve tárolt – mintákat az üllői Nagyállat Klinika laboratóriumába szállítottuk. A biokémiai elemzés előtt a mintákat lecentrifugálták – Hettich Universal 32 centrifuga segítségével – majd a szérumból meghatározásra kerültek a különböző biokémiai paraméterek.

4.2.5. Abacus hematológiai automata

Automatizált vérsejtszámláló készülék, mely a véralvadásgátlóként EDTA-t tartalmazó csövekbe vett mintából mennyiségi és minőségi vérkép meghatározást végez.

4.2.6. ABL 505 típusú vérgáz analizátor

A vérmintát 5 ml-es „ICA” heparinos (izocitrát heparinos) fecskendőbe vettük, majd a mintavételt követően a mintát légmentesen zártuk, majd jégen tároltuk. A vérvételtől számított 6 órán belül felhasználtuk a mintákat. A készülék segítségével megkaptuk a – hőmérsékletre korrigált – vérgáz, ion, valamint sav-bázis eredményeket.

4.3. Statisztikai elemzés

Az elemzések általános lineáris kevert modellekkel készültek. A "WBC", "PLT", "Glükóz" és "Laktát" paraméterek esetén az adatokat logaritmus transzformálni kellett a modellek illeszkedésének érdekében. A 0. időponttól való átlagos eltérések becslésének szignifikanciáját, illetve 95%-os konfidencia-intervallumait (95%-os megbízhatósággal lefedik a vérparaméter értékek valódi, populációs átlagát [27]) FDR korrekcióval [28] számoltuk az első fajta hiba felhalmozódásának elkerülése érdekében.

Az ábrákon a modellből becsült átlagok láthatóak. A függőleges vonalak az átlag becslésének hibáját (SE: standard hiba) jelzik.

Az elemzések az R 2.15.1 statisztikai programmal készültek [29]. A lineáris kevert modellekhez az "nlme" csomagot használtuk [30].

4.4. A vizsgálat menete

A mérés alapvetően két részből állt: első lépésben mindegyik ló alapos szűrővizsgálaton esett át, majd ezt követően került sor magára a teljesítményvizsgálatra.

A fizikális vizsgálat célja a lovak egészségi állapotának felmérése volt, hiszen a kutatásban csakis kifogástalan állapotban levő, teljesen egészséges lovak vehettek rész. A mozgatószervi, keringési és

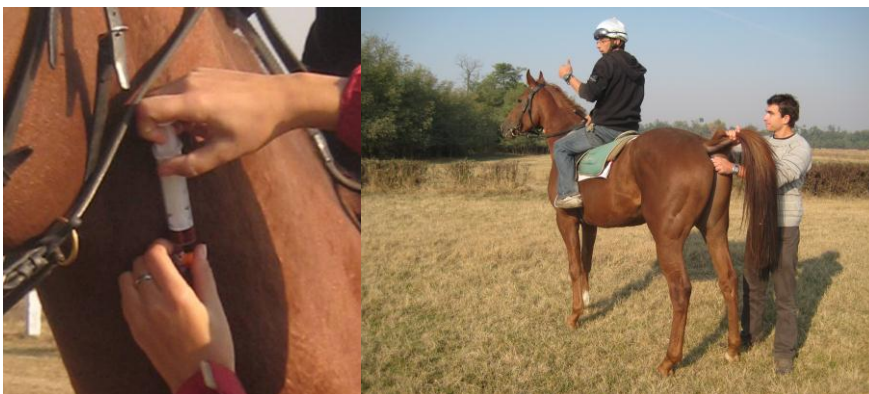
légzőszervi elváltozások a fizikális, valamint a célzott műszeres vizsgálatokkal szűrhetők ki a legjobban [1]. Ennek érdekében a részletes fizikális vizsgálatot követően felső légúti endoszkópos-, mellkasi- és hasi ultrahangvizsgálatot, valamint sántaságvizsgálatot végeztünk. Ezek alapján összesen kettő lovat kellett kizárnunk a teljesítményvizsgálatból, melyek közül az egyik hörögős volt, a másik pedig a mérést megelőző napon lesántult.

A mérési módszert a trénerekkel és zsokékkal együtt dolgoztuk ki. A lóval először egy rövid bemelegítést végeztek, mely körülbelül 10 perc lépésből és 10 perc ügetésből állt. Ezt követően következett a tényleges terhelés, melynek során négy vágta szakaszt kellett teljesíteni. A távok és a sebesség értékek a következők voltak:

- 400m, 24 km/óra
- 500m, 30 km/óra
- 600m, 36 km/óra
- 800m, 48 km/óra

A fenti távokat a mindennapos edzések helyszínéül szolgáló tréningpályán mértük fel. A kiindulópont minden táv esetén ugyanaz volt. A negyedik vágta szakasz sebességének megválasztását a zsoké, valamint a tréner döntésére bíztuk, tehát az általunk ajánlott 48 km/óra csak irányadó minimum érték volt. Ebben a leggyorsabb szakaszban a célunk az volt, hogy minden ló aktuális edzettségi állapotának megfelelő legnagyobb teljesítményt nyújtsa. Az utolsó vágta szakaszt követően egy 30 perces lépésszakasszal zártuk a vizsgálatot.

Méréseinket kizárólag szerdánként tudtuk végezni, mivel ezen a napon az edzések szüneteltek, így a pályán nem tartózkodott másik lovas. A teljes vizsgálat során összesen hét alkalommal vettünk vért a v. jugularis-ba helyezett kanulón keresztül. Az első mintavétel nyugalomban történt, majd bemelegítést követően, a négy



9. ábra: Vértétel, hőmérsékletmérés

vágta szakasz után, végül pedig a levezetést követően. A munka során összesen négy alkalommal hőmérsékletet is mértünk.

A mintavételi rendet a 2. táblázatban foglaltuk össze:

2. táblázat: Vizsgálat menete

		Hőmérő	Tartalék	Biokémia	Hematológia	Laktát	Vénás vérgáz
0.	Nyugalom	+	+	+	+	+	+
1.	10 perc lépés + 10 perc ügetés	+	+		+	+	+
2.	400 m (24 km/h)		+		+	+	+
3.	500 m (30 km/h)		+		+	+	+
4.	600 m (36 km/h)		+		+	+	+
5.	800 m (48 km/h)	+	+	+	+	+	+
6.	30 perc lépés	+	+	+	+	+	+

A bemelegítés előtt kanült helyeztünk a *v. jugularis*-ba, melyen keresztül a későbbiekben fájdalommentesen történhetett a vérminták gyűjtése. Meg kell említeni, hogy miután felmértük az artériás kanül behelyezésének nehézségeit, célunk továbbra is az volt, hogy a vénás vérvétel mellett, legalább háromszor (a 2. táblázatban szereplő 0., az 5. és a 6. időpontban) tüvel végzett módszerrel artériás vért is gyűjtünk. Ennek kivitelezése azonban a gyakorlatban továbbra is meglehetősen nehézkesnek és nem utolsó sorban a lóra nézve veszélyesnek bizonyult, így eltekintettünk ettől is. Így merült fel véglegesen a kérdés, miszerint teljesítményvizsgálatok során használható-e vénás vér artériás helyett vérgáz meghatározás céljából? Ezzel kapcsolatos eredményeinket a következő fejezetben taglalom.

További megemlítendő részlet, hogy bár a biokémiai elemzések minden időpontban értékes információt hordozhatnak, anyagi korlátaink nem engedték a nagyszámú vizsgálat elvégzését. Ezért döntöttünk úgy, hogy minden időpontban leveszünk tartalék vérmintát is, melyből a későbbiekben bármilyen vizsgálat elvégezhető.

5. Eredmények

5.1. Pulzusmérés

A lovak egyedi pulzusmérése során kapott eredményeink jól tükrözik a szakirodalmi adatokat [9]. A 10. ábrán az általunk mért, Bárányfelő nevű telivér pulzusgörbéjét láthatjuk. A Polar óra segítségével az állat szívfrekvenciáját, illetve sebességét folyamatosan regisztráltuk a teljes munkafolyamat alatt. A percenkénti szívverésszámot (HR) pirossal, míg a km/órában kifejezett sebességet (Speed) kékkel ábrázolta a rendszer. A diagramon a négy vágtaszakasznak megfelelően négy kiugró pulzusértéket láthatunk (kb. a 33., 39., 48. és az 57. percben). Az első, enyhén kimagasló pulzusérték a bemelegítés során, már az első percben jelentkezett. Az ábráról leolvasható, hogy ezt a pulzusemelkedést nem kísérte a sebesség növekedése, vagyis a korábban már tárgyalt „overshoot” jelenség látható.



10. ábra: Pulzus és sebesség görbe - Bárányfelő

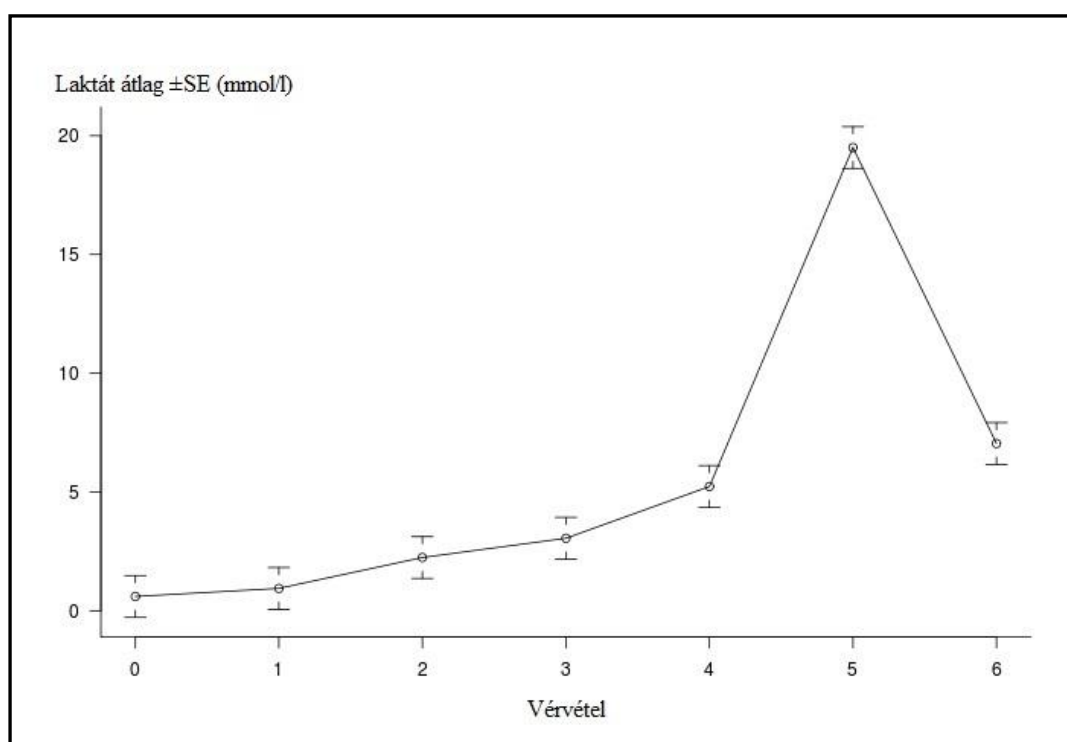
A diagramon szembetűnik, hogy a pulzus értékek nem mindig követik a sebesség változásokat. Kimagasló csúcsot látunk a négy vágtaszakaszt megelőzően – körülbelül a 24. percnél – melyet szinten nem kísér jelentős sebességnövekedés. Ez sok másik, véletlenszerűen jelentkező csúcshoz hasonlóan feltehetőleg a ló mentális reakciójának eredménye. Mint ismeretes, a ló eredendően menekülő zsákmányállat, mely valaha a természetben csoportosan élt. Ennek köszönhetően a lovak a legtöbb fajnál félénkebbek, ijedősebbek, az angol telivérrel pedig köztudott, hogy igen élénk

vérmérsékletű fajta. Ennek alapján érthető, hogy egy társaitól külön dolgozó versenyló igen érzékenyen reagál a különböző tereptárgyakra és egyéb környezeti ingerekre. Az ennek kapcsán jelentkező stressz következtében fellépő pulzusváltozásokat azonban viszonylag jól el lehet különíteni a számunkra hasznos, terheléssel összefüggő változásoktól, így előbbieket figyelmen kívül hagyhatók az elemzések során. Ha esetleg mégis kérdés merül fel adott mértékű pulzusváltozás eredete kapcsán, a Polar órával szintén mérhető pulzus-variabilitás biztos válaszadó lehet, hogy stressz-reakciótól, vagy terhelésnövekedéstől emelkedett a percenkénti szívverésszám. Az általunk rögzített pulzus-variabilitás értékek elemzésére a későbbiekben kerül majd sor.



11. ábra: Good Will nevű angol telivér vágta közben

5.2. Laktátszint meghatározás



12. ábra: Laktát átlag

Izommunka hatására – az anaerob energiatermelésnek köszönhetően – a vér laktát koncentrációja megemelkedik. Ahogy a 12. ábrán látható, a nyugalomban (0. időpont) vett vérminták átlagos laktát koncentrációja 1 mmol/l alatt van (0,60 mmol/l). A bemelegítést (1. időpont) követően már kisfokú emelkedést mutat a laktát érték és egyenletesen növekszik egészen a második vágtaszakaszig (3. időpont). Az ehhez tartozó vérmintákban átlagosan 3,05 mmol/l-es laktát koncentrációt mérhetünk, amely még az aerob munkavégzést feltételez. A szakirodalomban a 4 mmol/l-es vér laktát koncentrációt nevezik fix laktát küszöbnek. Ha ennél nagyobb értéket mérünk, a munka anaerobnak tekinthető. A mi esetünkben jól látszik, hogy a vizsgált lovak átlagát tekintve a harmadik vágtaszakaszt (4. időpont) követően mérhető először a fix tejsav küszöbnél magasabb érték (5,23 mmol/l). A negyedik vágtaszakaszban a lovak a maximálishoz közeli sebességet értek el. Ilyenkor az izomzatban nagyfokú oxigénhiány lép fel, amit az ehhez tartozó kiugróan magas, átlagosan 19,50 mmol/l-es laktát szint is mutat, mely a nyugalmi értéknek több mint huszonötszöröse. Az ábrából kitűnik, hogy a 30 perces levezetés után is 5 mmol/l feletti (7,04 mmol/l) a laktát koncentráció. A nyugalmi szintre való visszaálláshoz intenzív megerőltetést követően több órára van szükség, így ez a jelenség fiziológiásnak tekinthető.

3. táblázat: Laktát becslés

log (laktát)	Becsles ¹	SE ²	P-érték ³	KI alsó ⁴	KI felső ⁵
1.	0,428	0,186	0,113	-0,068	0,924
2.	1,317	0,186	0,000	0,821	1,813
3.	1,571	0,186	0,000	1,075	2,067
4.	2,125	0,186	0,000	1,629	2,621
5.	3,481	0,186	0,000	2,985	3,977
6.	2,195	0,186	0,000	1,699	2,691

A 3. táblázatban a statisztikai elemzés eredményei láthatók. Ezek alapján kijelenthetjük, hogy a nyugalmi értékhez képest, a bemelegítést követően még nem láthatunk szignifikáns változást (1. sor). Az első vágaszakasztól kezdve (2. sor) viszont a vérben mérhető laktát koncentráció szignifikáns növekedést mutat ($P < 0,05$) a nyugalmi állapothoz képest. Kijelentjük, hogy eredményeink messzemenően alátámasztják a szakirodalmi adatokat, valamint hogy a laktát koncentráció mérése nagyfokú összefüggést mutat a terhelés mértékével.



13. ábra: Kincsem Park

¹ A 0. időponttól való eltérés becslése.

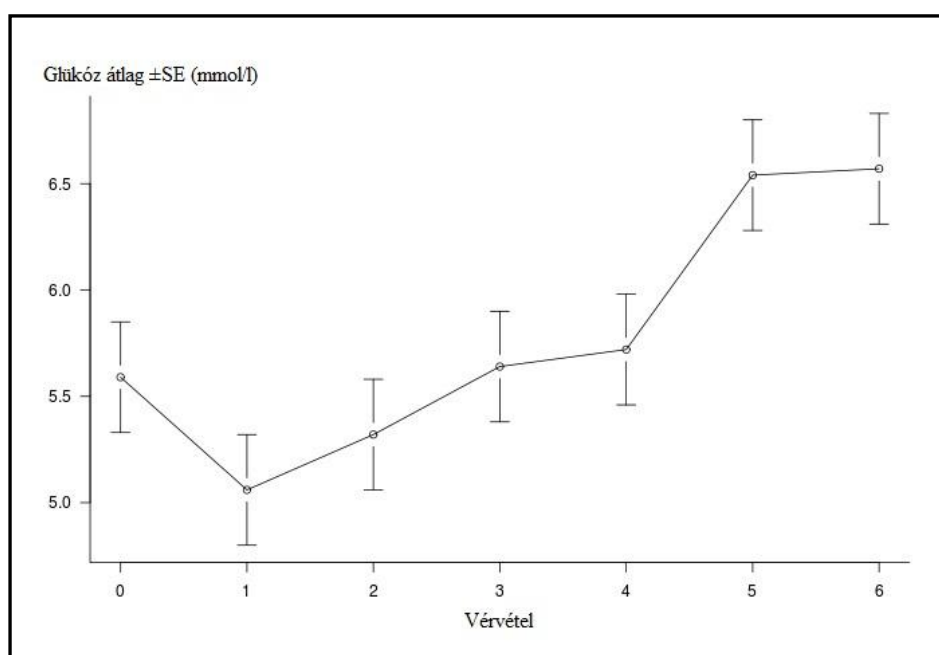
² Standard error, a becslés hibája.

³ P-érték, ha $< 0,05$ akkor szignifikáns az eltérés.

⁴ Konfidencia intervallum alsó határa.

⁵ Konfidencia intervallum felső határa.

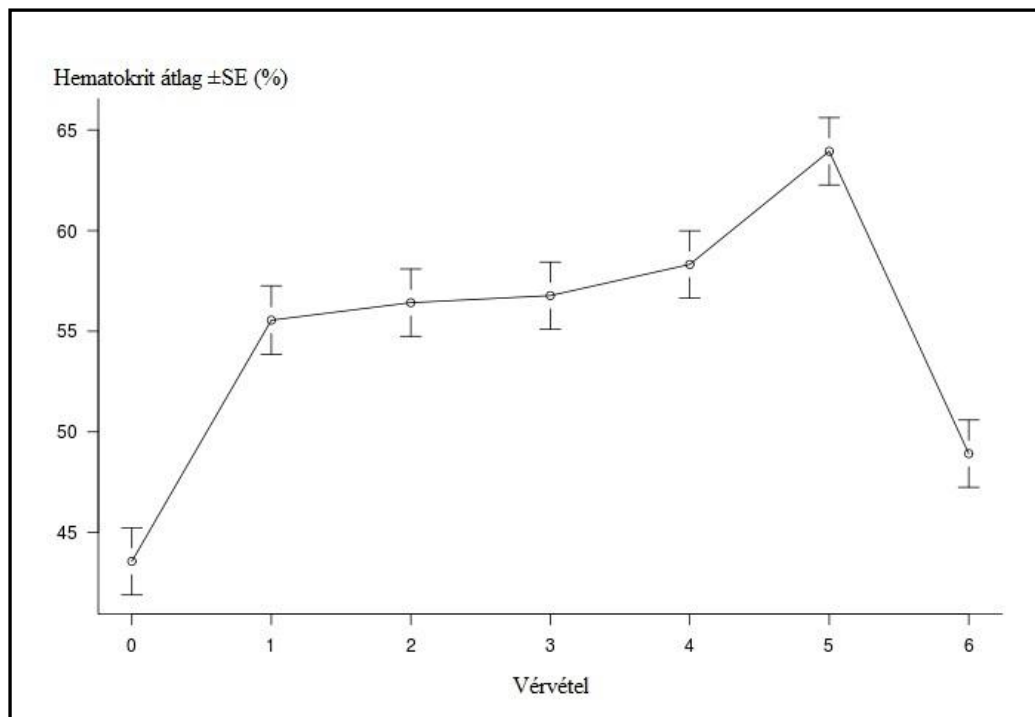
5.3. Glükózszt mérés



14. ábra: Glükóz átlag

Lovak esetében a koplalást követően vett mintában mérhető nyugalmi vércukorszint érték 3-5 mmol/l közé esik. Terheléses vizsgálatok végzésekor megszokott jelenség a vércukorszint értékének hirtelen csökkenése a munka megkezdését követően. A 14. ábráról leolvasható, hogy a lovak 5,59 mmol/l-es nyugalomban (0. időpont) mért átlagos vércukorszintje a bemelegítést (1. időpont) követően 5,06 mmol/l-re csökkent. Az átmeneti csökkenés oka valószínűleg az, hogy a kezdeti izommunka energiaigényének fedezésére felhasznált glükózt még nem tudta a szervezet pótolni a glikogénraktárakból. Ezt követően a terhelés növelésével emelkedő vércukorszintet tapasztalunk, mely a glikogénbontás és a glükoneogenezis együttes hatása. Az első vágtszakaszt (2. vér vétel) követően a vércukorszint emelkedő tendenciát mutat, és lassan meghaladja a nyugalmi értéket. A negyedik vágta során produkált intenzív munkavégzéskor az átlagos vérglükóz szint kiugróan magas értéket ért el, ami még a fél órás levezetést követően sem csökkent. A hirtelen emelkedés hátterében a maximális sebesség elérésekor végzett izommunka energiaigénye áll, melynek fedezésére a szervezet mozgósítva energiaraktárait, nagy mennyiségű glükózt szabadít fel. A levezetést követő érték is magas, mivel a szervezet meglehetősen lassan képes a megemelkedett vércukor szintet csökkenteni. Az utolsó vágta után fél órával mért emelkedett vércukorszintet okozhatja a versenyhelyzetet imitáló terhelésintenzitás által kiváltott stressz reakció is. A már említett fagyasztva tárolt tartalék vérmintákból kortizolszint meghatározást is tervezünk, így később ez a hatás is kizárható, vagy alátámasztható lesz.

5.4. Hematokrit



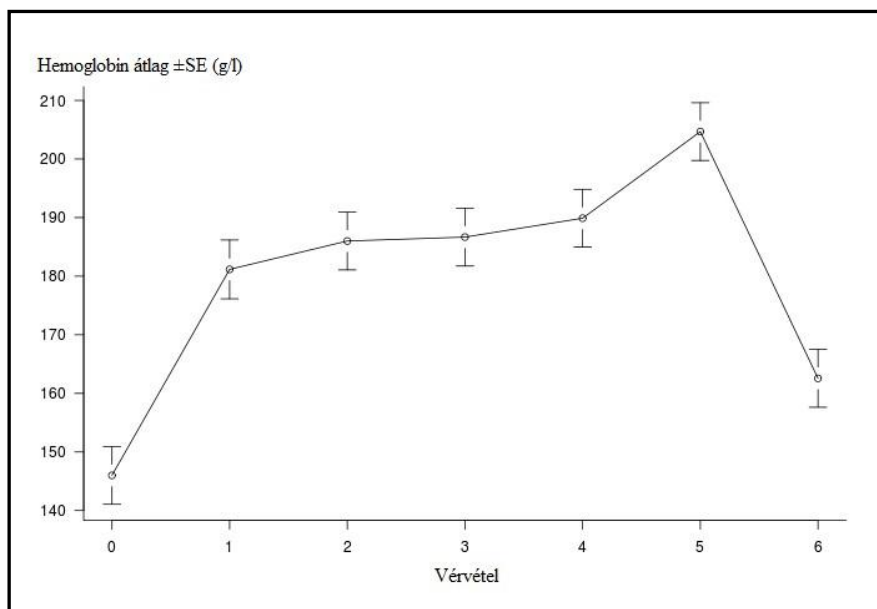
15. ábra: Hematokrit átlag

A hematokrit érték a vérben levő alakos elemek arányát fejezi ki, nyugalomban mérhető fiziológias tartománya lovak esetén 35-45%. Ez az érték munka hatására jelentősen megváltozhat.

A munka kezdetekor a szervezet felkészülve a nagyobb megterhelésre, a lép kontrakciója révén megemeli a vérben keringő vörösvérsejtszámot, ezáltal növelve a vér oxigénszállító kapacitását. Ennek eredményét láthatjuk közvetlenül a bemelegítés után, az 1. vérvételi pontban, ahol körülbelül 55%-os átlagos hematokrit értéket olvashatunk le a 15. ábráról. A terhelés ekkor még nem indokolná ezt a nagymértékű hematokrit növekedést, vagyis a szervezet ilyenkor a valós igényekhez képest túlzott mértékben reagál. Ezt a jelenséget - a pulzus esetén említett túlzott reakcióhoz hasonlóan – a szakirodalomban szintén „overshoot”-jelenségnek nevezik. Ezután egészen az utolsó, negyedik vágtaszakaszig csak enyhén emelkedik az érték. Az utolsó vágtaszakaszhoz tartozó 5. vérvételből származó minták átlagában azonban ismét kiemelkedő, csaknem 65%-os hematokritot kaptunk, ami egyben a terheléskor élettani körülmények között kialakuló maximális hematokrit értéknek felel meg [15]. Mindez azt mutatja, hogy a munka kezdetekor bekövetkező lépkontrakció ellenére még maradt raktározott vér a lépben, amit fokozott terhelés hatására a szervezet még képes felszabadítani.

Eredményeink tükrében tehát elmondhatjuk, hogy a lóhoz mért, még egészséges mértékű maximális terhelés során a hematokrit érték szignifikáns növekedését ($P < 0,05$) tapasztaltuk a nyugalmi értékhez képest minden későbbi vérminta esetén. Kijelenthető továbbá az is, hogy a hematokrit értékek – szoros összefüggést mutatva a teljesítménnyel – a jövőben felhasználhatók referenciaként.

5.5. Hemoglobin

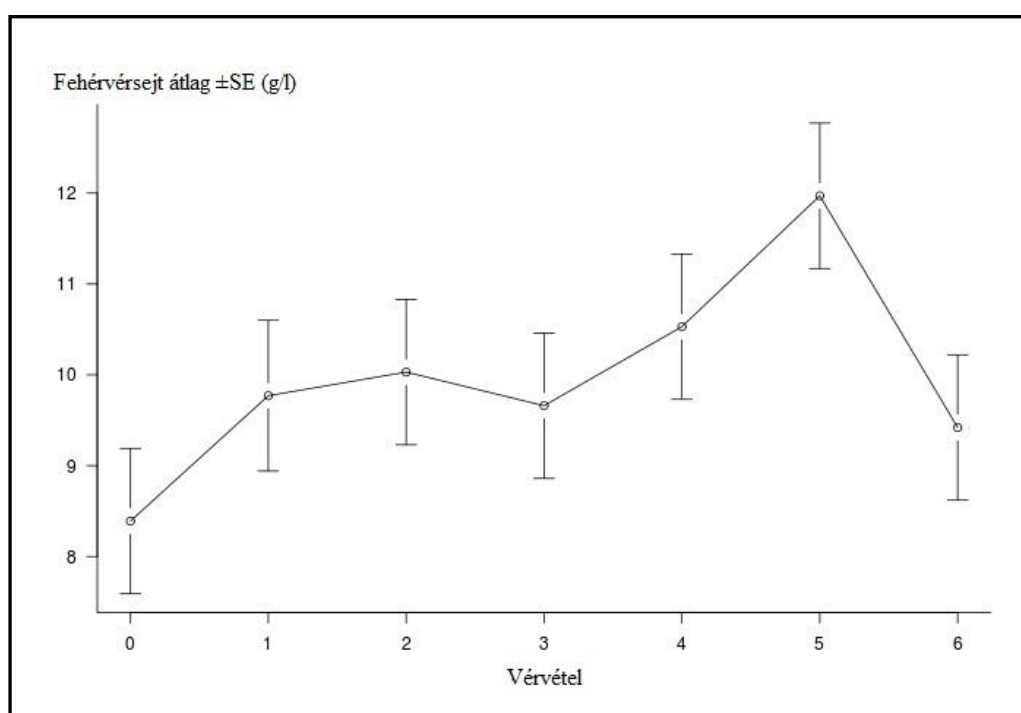


16. ábra: Hemoglobin átlag

Mivel a vérben keringő vörösvérsejtek számához képest az egyéb alakos elemek elhanyagolható mennyiségben vannak jelen, a hematokrit érték gyakorlatilag a vörösvérsejtek arányát mutatja a vérben. Ennek megfelelően a vörösvérsejtekben található hemoglobin vérben mérhető átlagos koncentrációja (melynek alakulása a 16. ábráról leolvasható), a hematokrit értékekkel (15. ábra) megegyező módon alakult.

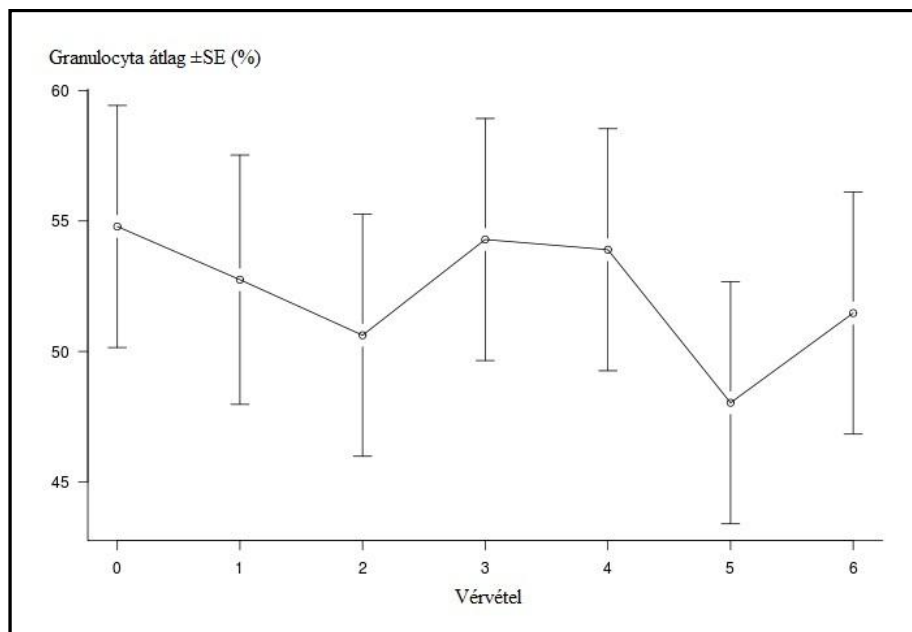
5.6. Fehérvérsejt szám

A szakirodalmi adatokkal szemben – mely rövid, de intenzív munkavégzéskor a fehérvérsejt számnak csupán kismértékű emelkedéséről számol be [2] – esetünkben a leukocytaszám vérben mérhető átlagos mennyisége jelentős mértékű emelkedést mutatott. A 17. ábrán látható 2., 4., és 5. vérvételi időpontból származó minták átlaga szignifikáns emelkedést ($P < 0,05$) mutatott a nyugalmi értékhez (0. vérvétel) képest. Az 5. vérvételi időpontból származó minta – mely a negyedik vágtszakaszt követően lett véve – kiugró értéket mutat. Ez feltehetőleg a hematokrit értéknél már tárgyalt lépkontrakcióval, valamint a marginális fehérvérsejtek keringésbe kerülésével magyarázható.

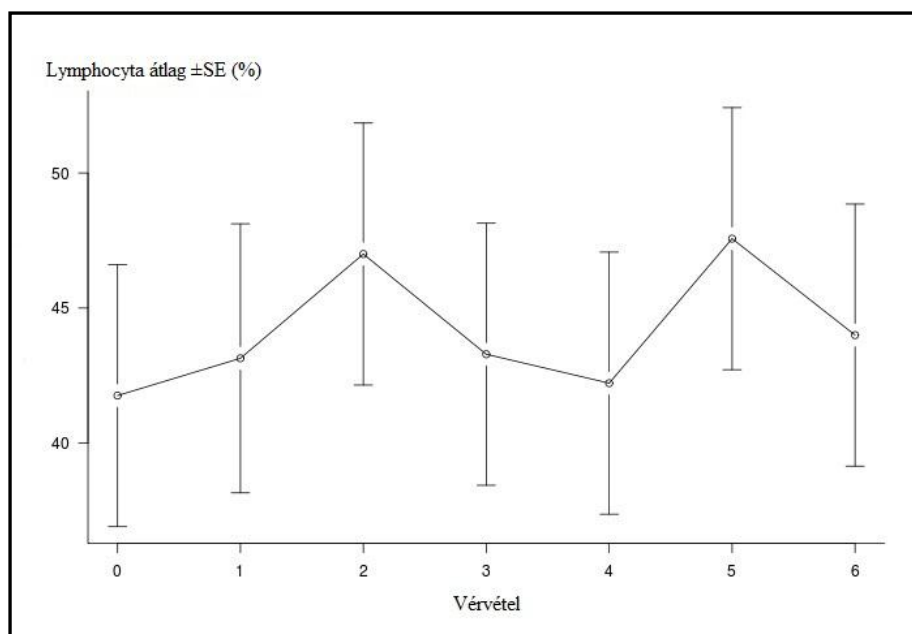


17. ábra: Fehérvérsejt átlag

Az összes fehérvérsejt szám mellett vizsgálatuk a granulocyták (18. ábra) és lymphocyták (19. ábra) százalékos arányát is a vérben. Ezen sejtek vérben mérhető arányai egymáshoz képest ellentétes irányba tolódtak el a munka során (a lymphocyták aránya a szakirodalmi adatoknak megfelelően [2] növekedett, a granulocytáké pedig csökkent), azonban a változás nem volt szignifikáns.

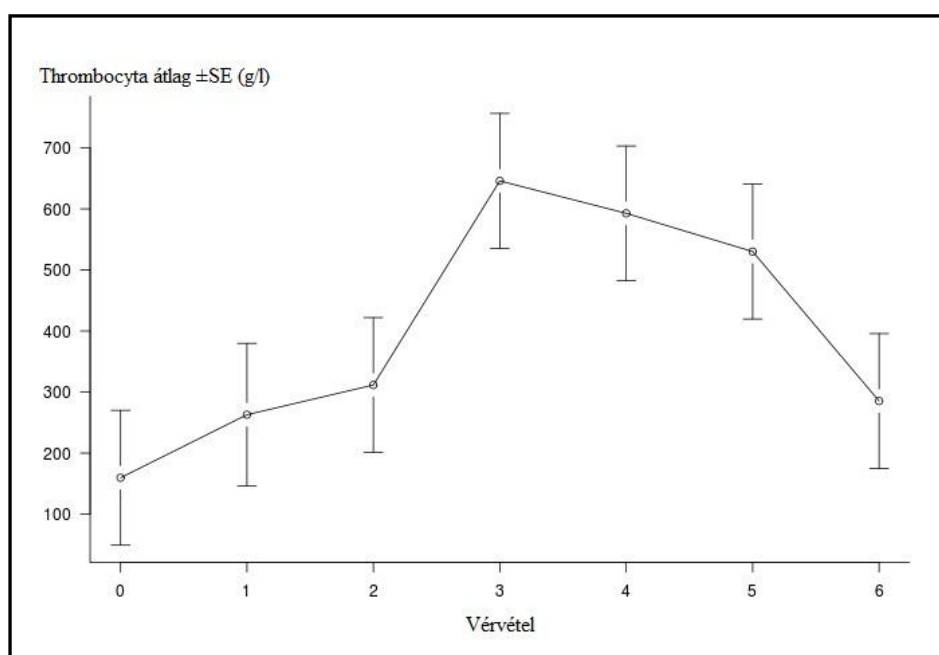


18. ábra: Granulocyták átlag



19. ábra: Lymphocyták átlag

5.7. Vérlemezke szám



20. ábra: Vérlemezke (thrombocyt) átlag

A vérlemezkek átlagos mennyisége a második vágatszaka szig nőtt a terhelés hatására, ezt követően azonban értéke elkezdett csökkenni, dacára a harmadik-, valamint negyedik vágatszaka sz növekvő terhelésének (20. ábra). A vérlemezkek koncentrációváltozása és a terhelés mértéke között szoros összefüggés tehát nem állapítható meg. Ezen értékek referenciaként történő felhasználhatósága kérdéses. Az ellentmondás valószínű oka mérési hiba is lehet, ugyanis gyakran előfordul, hogy a mérőautomata az össze csapódott vérlemezkeket egynek veszi, mely a való s értékhez képest jelentős eltéréshez (csökkenéshez) vezet. Ha erről van szó, kérdésként felmerülhet, hogy okoz-e, és ha igen, miért okoz vérlemezke-aggregációt az intenzív terhelés. Ez a kérdés további vizsgálatoknak lehet alapja.

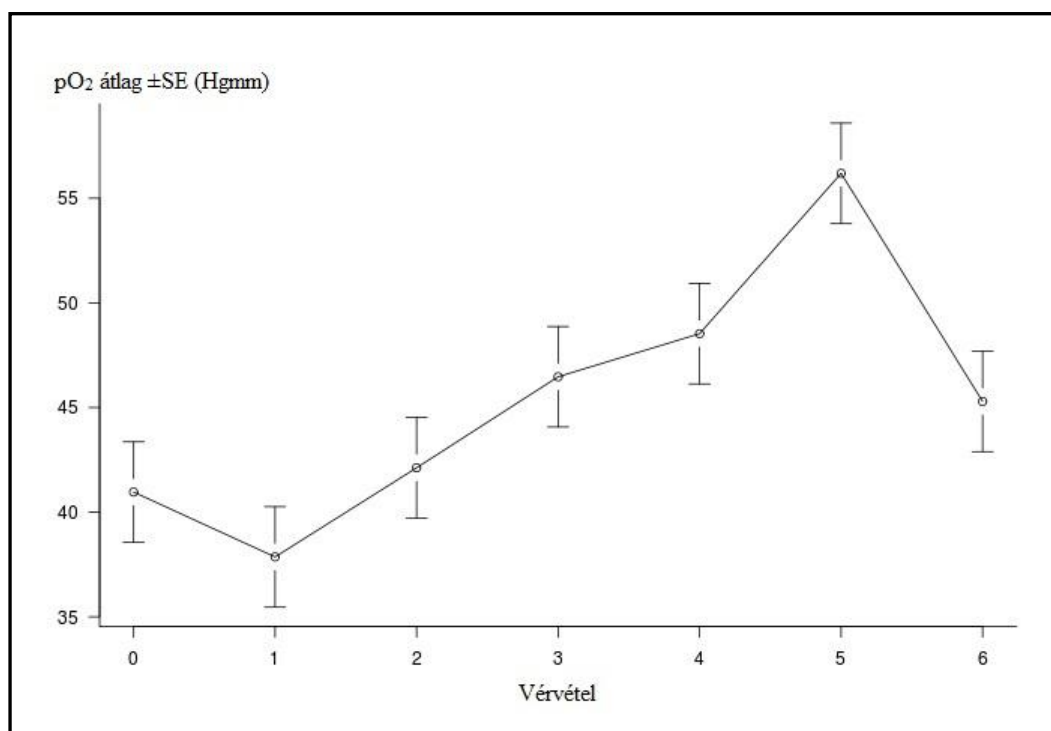
5.8. Vénás vérgáz elemzés

Terheléses vizsgálatokban jellemzően artériás vért használnak a szervezet metabolikus állapotát tükröző sav-bázis vizsgálatokhoz. A mi esetünkben azonban artériás vérminta gyűjtésére nem volt mód, így kizárólag vénás vért tudunk vizsgálni.

Kérdésként merült fel, hogy vajon vénás vérben a $p\text{CO}_2$ és $p\text{O}_2$ értékek miként változnak a terhelés fokozódásával, illetve hogy egyáltalán alkalmazhatóak-e a teljesítményvizsgálatok során?

Eddigi eredményeink alapján kijelenthetjük, hogy a terhelés hatására bekövetkező vénás $p\text{CO}_2$ szint változások nem mutatnak összefüggést a munka intenzitásának növekedésével. Ennélfogva a vénás vérben mérhető $p\text{CO}_2$ értékek nem használhatók referenciaként.

Ezzel szemben a vénás vérben mérhető $p\text{O}_2$ szintváltozás (ráadásul az artériás vérben tapasztaltakkal ellentétben, emelkedő értéként) összefügg a terhelés mértékével.



21. ábra: Parciális oxigénnyomás átlag

A 21. ábráról leolvasható, hogy a terhelés fokozatos növelésével a vénás $p\text{O}_2$ szint is emelkedik. Ez első ránézésre ellentmondásos, hiszen a növekvő izommunka egyre nagyobb oxigén igényt jelent. Az általunk mért, terhelésre növekvő vénás $p\text{O}_2$ szint azzal magyarázható, hogy a munkavégzés során felgyorsult keringés miatt, a tüdőkapillárisokhoz hasonlóan, a vázizmok kapillárisaiban is lerövidül a gázcsere rendelkezésre álló idő. A vörösvérsejtek hemoglobinjához kötött oxigénnek tehát csak egy része képes felszabadulni és a szövetekig eljutni, a fennmaradó hányad hemoglobinhoz kötve továbbszállítódik.

Ahogy korábban már tárgyaltuk, az artériás vérben mérhető hypoxaemia akkor lép fel, ha a ló eléri a maximális oxigénfogyasztás ($\text{VO}_{2\text{max}}$) 65%-át a munka során [5]. Esetünkben az artériás hypoxaemia vénás hyperoxaemiaként jelenik meg. Mindez azt jelenti, hogy intenzív munkavégzéskor a tüdőben – a tranzitidő lerövidülése következtében – a nyugalmi értékhez képest kevesebb oxigén kerül a vérbe. Emellett a felgyorsult véráramlás miatt a periférián sem megy végbe

megfelelő gázcsere, így összességében – az artériás hypoxaemia ellenére is – a vénás vérben megnövekedett pO_2 szintet mérhetünk a nyugalmi értéhez képest.

4. táblázat: Parciális oxigénnyomás

pO_2	Becsles ⁶	SE ⁷	P-érték ⁸	KI alsó ⁹	KI felső ¹⁰
1.	-3,100	2,584	0,630	-9,976	3,776
2.	1,167	2,584	0,969	-5,710	8,043
3.	5,511	2,584	0,157	-1,365	12,387
4.	7,578	2,584	0,026	0,702	14,454
5.	15,233	2,584	0,000	8,357	22,110
6.	4,333	2,584	0,347	-2,543	11,210

A 4. táblázatban összefoglalt statisztikai eredmények szerint a harmadik, valamint a negyedik vágtaszakaszt követően vett mintákban (4. és 5. vérvétel) a vér pO_2 szintjének szignifikáns növekedését tapasztaltuk ($P < 0,05$) a nyugalmihoz viszonyítva. Az ábráról azt is leolvashatjuk, hogy amint csökken a terhelés és vele együtt lassul a keringés (levezetést követő 6. vérvétel), a vénás vér pO_2 szintje elkezd csökkenni és a nyugalmi értékhez (0. vérvétel) közelít.

Eredményeink alapján kijelenthető, hogy az artériás vérgáz elemzés mellett a vénás vérgáz analízis is használható terheléssel vizsgálatokban. A munkavégzés során mérhető vénás pCO_2 szint ingadozását eddig nem sikerült tisztázni, azonban a pO_2 értékek alakulása jól tükrözi a növekvő terheléssel járó vérkeringésbeli változásokat.

Egészséges lovakban tehát az intenzív munka során fellépő artériás hypoxaemia vénás hyperoxaemiaként mérhető. Ez túledzettség esetén – feltehetőleg a még rövidebb tranzitidőnek köszönhetően – tovább romlik, vagyis még alacsonyabb artériás pO_2 - és magasabb vénás pO_2 értékekre számíthatunk. Légzőszervi betegségek esetén viszont már nyugalomban is alacsonyabb oxigén szaturációra számíthatunk, ami terhelés hatására tovább romlik. Ez azt jelenti, hogy munkavégzés során – egészséges lovakhoz viszonyítva – még nagyobb mértékű artériás hypoxaemia várható, ugyanakkor a vénás vérben megjelenő hyperoxaemia kisebb mértékben, vagy egyáltalán nem jelenik meg.

⁶ A 0. időponttól való eltérés becslése.

⁷ Standard error, becslés hibája.

⁸ P-érték, ha $< 0,05$ akkor szignifikáns az eltérés.

⁹ Konfidencia intervallum alsó határa.

¹⁰ Konfidencia intervallum felső határa.

5.9. Enzimaktivitás változás

Három enzim – aszparaginsav-transzamináz (AST), kreatin-kináz (CK) és laktát-dehidrogenáz (LDH) – terhelésre bekövetkező plazmabeli aktivitásváltozását vizsgáltunk. Biokémiai vizsgálat céljából három alkalommal gyűjtöttünk mintát: nyugalomban, a negyedik vágtaszakaszt követően, valamint a levezetés után. A nyugalmi értékhez viszonyítva az AST és a CK enzimek aktivitásában szignifikánsan emelkedett ($P < 0,05$) értéket kaptunk a két későbbi vérvételből származó minta esetén, vagyis a terhelés során tapasztalt enzimemelkedés fél óra levezetés után még mindig nem csökkent vissza a nyugalmi értékre. Az AST esetén ezt az aránylag hosszú (több napos) felezési idő pusztá tényre magyarázhatja. A CK enzimnél azonban más a helyzet, ugyanis ennek felezési ideje kifejezetten rövid, átlagosan két óra. Ebben az esetben az elhúzódó enzimaktivitás-növekedés feltehetően az izomban kialakult mikrosérülések eredménye, ami egyébként – a savas melléktermékek felszabadulását felelőssé tevő tévhitel ellentétben – az izomláz okozója is.

Az LDH plazmabeli aktivitása csak a negyedik vágtaszakaszt követő vérvételből származó minta esetén volt szignifikánsan ($P < 0,05$) nagyobb a nyugalmiánál, vagyis ezen enzim aktivitása az anaerob munka befejeztével viszonylag hamar, ismét nyugalmi értékre csökken. Felezési ideje rövidnek mondható (órás nagyságrend), felszabadulásának oka pedig az anaerob energiatermelésben fontos piruvát redukciója, így ez a jelenség a szakirodalmi (futópados vizsgálattal mért) adatoknak szintén teljes mértékben megfelel.

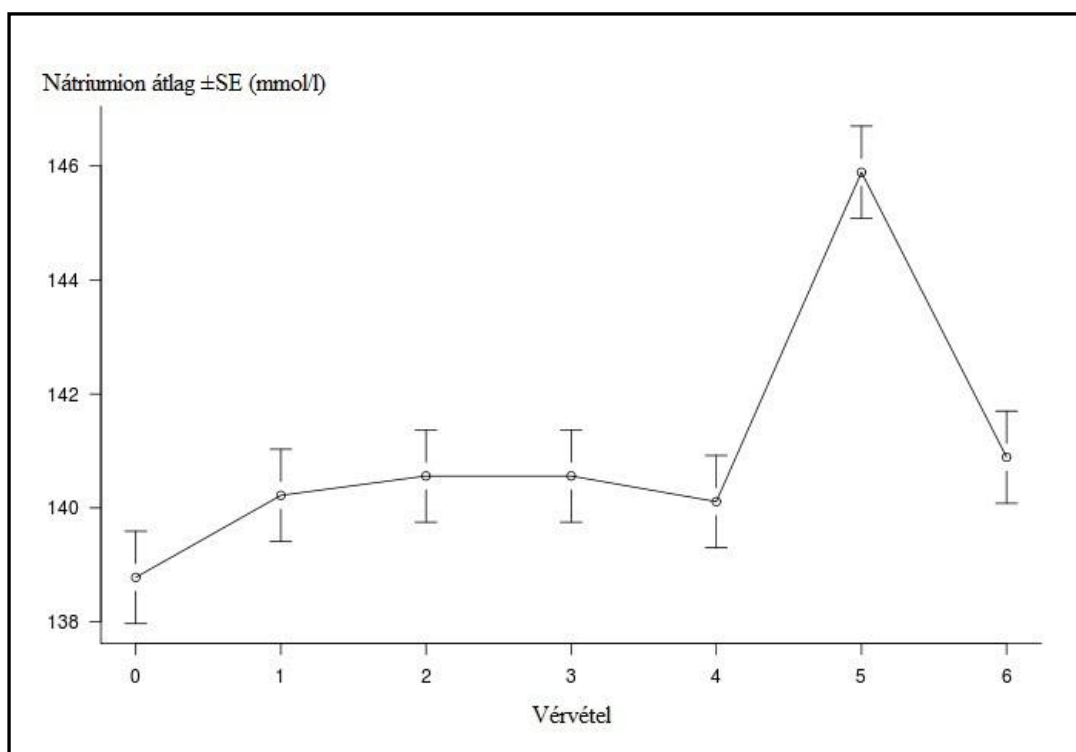
5.10. Ionszint mérés

Az extra- és intracelluláris tér ionkoncentrációját a szervezet igyekszik szűk határok között tartani, ami nélkülözhetetlen a szervezet normális működése szempontjából.

A vizsgálatunk során kizárólag a sejten kívüli tér – nevezetesen a vérplazma – terhelésre bekövetkező ionösszetételének alakulásáról kaptunk információt.

A következőkben a nátrium-, kálium- és kalciumion munkavégzéskor jelentkező koncentrációváltozásait ismertetem.

5.10.1. Nátriumion

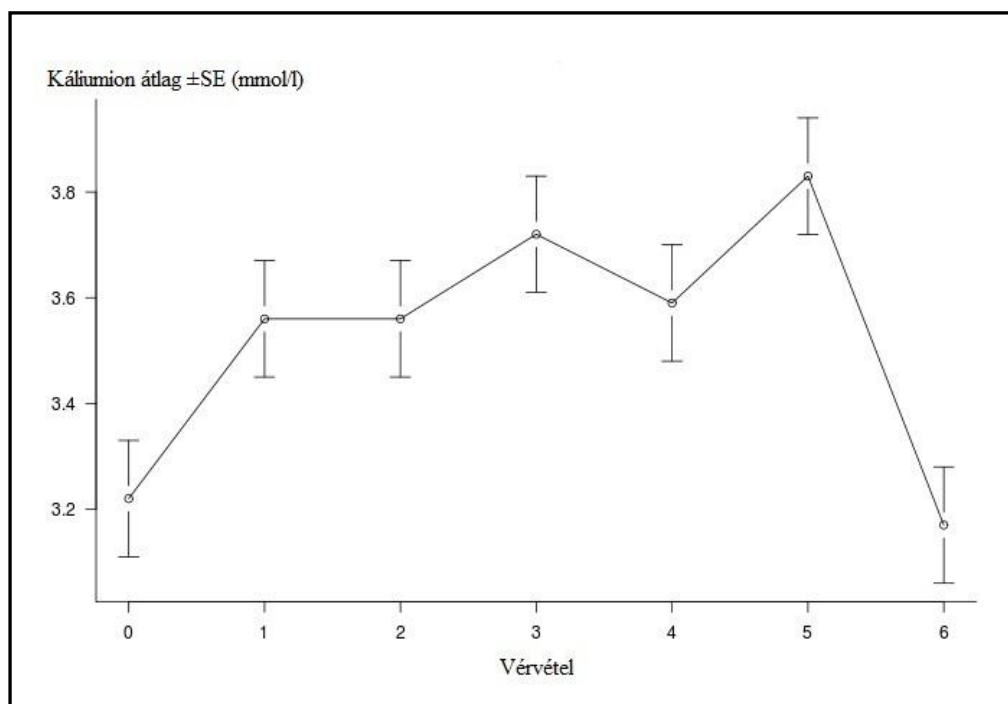


22. ábra: Nátriumion átlag

A Na^+ ion plazmabeli koncentrációjának átlaga (22. ábra) a leggyorsabb, negyedik vágaszakaszt követően (5. vérétel) szignifikánsan ($P < 0,05$) magasabb volt a nyugalmi értéknél. Ezt magyarázhatja az irodalomban leírt megfigyelés, miszerint intenzív munkavégzéskor a nátrium kiválasztás jelentősen mérséklődik [22].

5.10.2. Káliumion

A K^+ ion átlag (23. ábra) 0. időponttól való eltérésének becslésekor szignifikáns eltérést ($P < 0,05$) a harmadik, negyedik, valamint ötödik vérvételből származó minták esetén tapasztaltunk. Ez a növekedés megfelel a szakirodalmi adatoknak is, ahol munkavégzés hatására a plazmabeli nátriumion koncentráció enyhe csökkenése mellett a káliumion koncentráció növekedéséről számoltak be [2].



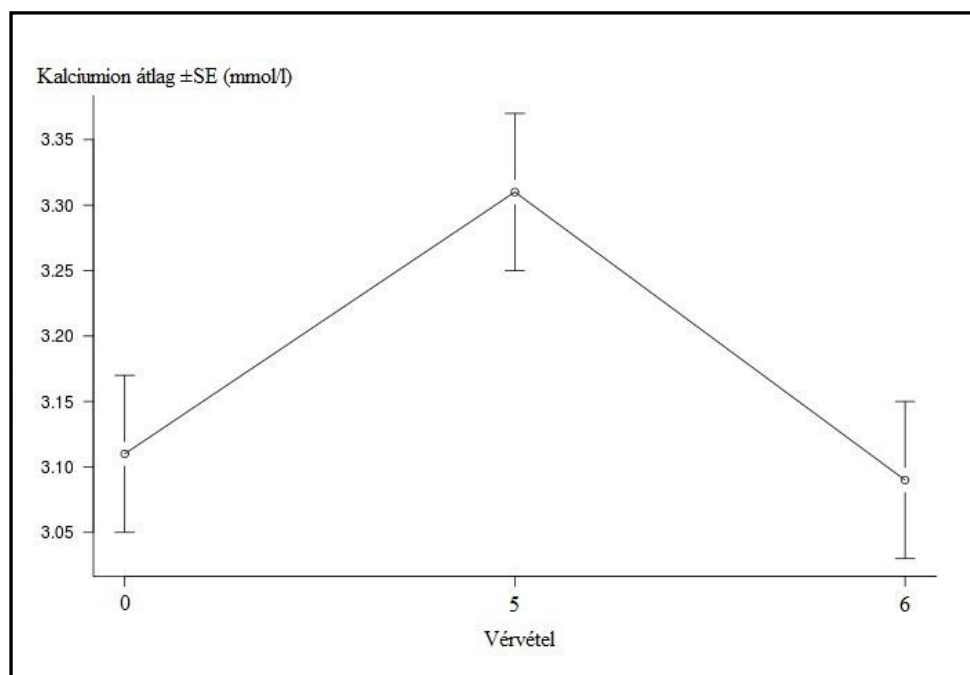
23. ábra: Káliumion átlag

Számos tanulmány szerint a túl magas plazmabeli K^+ koncentráció – egyéb tényezőkkel együtt – hozzájárul az izomfáradás kialakulásához [21]. Magas plazma K^+ szint emelkedett ionszintet feltételez a szövetközi térben is, ami viszont bizonyítottan [31] összefügg az izomfáradtsággal.

Az emelkedő interstitialis K^+ koncentráció oka az akciós potenciál repolarizációs fázisa alatti fokozott K^+ kiáramlás. Így több idő szükséges a Na^+K^+ -pumpának az eredeti, isoionias állapotok és vele a nyugalmi membránpotenciál helyreállításához, ezért késhet az újabb depolarizáció, illetve csökkenhet az izomkontrakció ereje [31].

5.10.3. Kalciumion

A Ca^{2+} ionkoncentráció meghatározás céljára a nyugalmi, a negyedik vágaszakaszt követő, valamint a levezetés utáni vérvétel során gyűjtöttünk mintát. A vágást követően vett vérminták átlagában szignifikáns növekedést ($P < 0,05$) tapasztaltunk a nyugalmi átlagértékhez képest, ami a levezetés után ismét a nyugalmi értékre, pontosabban elhanyagolható mértékben az alá csökkent (24. ábra).



24. ábra: Kalciumion átlag

Ez a megfigyelés alátámasztja a szakirodalmi adatokat [23], miszerint a Ca^{2+} ionszint nem változik jelentős mértékben a munka során, közvetlenül a levezetést követően pedig alacsonyabb értéket vesz fel.

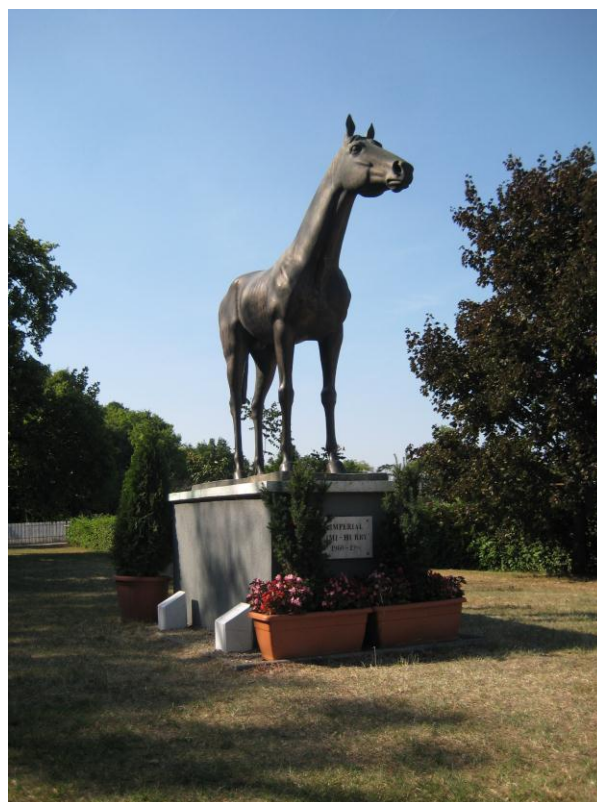
A negyedik vágaszakasz után vett minták átlagában bekövetkező szignifikáns emelkedés háttérében az izzadás következtében fellépő hemokoncentráció állhat. A körülbelül félórás levezetés végén vett mintákban a nyugalmihoz közeli Ca^{2+} koncentrációnövekedés pedig a kalcitonin kompenzáló hatásának tudható be.

5.11. Sebességtől való függés

A vérben mérhető paraméterek különböző módon alakultak terhelés hatására. Az 5. táblázatban a vizsgált mutatók átlag, illetve maximális sebességgel való összefüggését láthatjuk. Azon paraméterek mellé, melyek pozitív korrelációt mutattak az átlag-, valamint maximális sebességgel „+” jelet, melyek esetén negatív korreláció állt fenn „-” jelet írtunk. Egyes mutatók esetében nem tapasztaltunk összefüggést a sebességadatokkal, itt a táblázat megfelelő részeit üresen hagytuk.

5. táblázat: Sebességtől való függés

Paraméter	Átlag sebesség	Maximális sebesség
Laktát	+	+
pH	-	-
Glükóz		+
Hematokrit	+	
Hemoglob in	+	
Fehérvérsejt	+	
Granuloc yta		
Lymphoc ita		
Thromboc yta	+	
AST	+	
CK		
LDH	+	
Na ⁺	+	+
K ⁺	+	
Ca ²⁺	+	
pCO ₂	+	-
pO ₂	+	+



25. ábra: Imperiál

6. Megbeszélés

A teljesítmény elbírálása szempontjából leghasznosabbak a pulzus-, sebesség-, laktát-, hematokrit-, valamint a vérgáz adatok voltak.

A pulzus értékek önmagukban egymással nehezen összehasonlíthatóak, azonban a lovak egyedi teljesítményéről hasznos információkat kapunk elemzésükkel. Az egyedek teljesítményének értékelése a már említett V200, valamint VHR_{max} értékek segítségével lehetséges. Humán vizsgálatokban a V200 érték használata terjedt el a gyakorlatban, azonban ez az érték lovaknál kevésbé objektíven használható. Ennek oka az, hogy a lovak maximális pulzusértékei az egyes lovak (valamint fajták) között igen nagy szórást mutathatnak, így célszerűbb a maximális pulzus mellett elérhető legnagyobb sebességet (VHR_{max}) meghatározni. Jelen tanulmányban erre nem volt lehetőség, mivel a lovak a negyedik, leggyorsabb vágtaszakaszt sem teljesítették minden esetben maximális sebességgel. Ennek oka a fiatal lovak –trénerek javaslatára történő – kímélete volt.

A jövőben hasznos lenne egy kizárólag pulzuszóráson alapuló protokoll kidolgozása, mely elsősorban nem a klinikai diagnosztika, hanem a mindennapos edzőmunka terén lenne leginkább használható. A kizárólag pulzus- és sebességértékekkel történő teljesítménymérés ugyan kevésbé informatív a vérparamétereket is használó módszerekhez képest, azonban nagy előnye, hogy olcsóbb (nincs labormunka), valamint semmiféle egészségügyi kockázata nincs a lóra nézve (nem invazív). Eddigi tapasztalataink alapján tehát úgy gondolom, hogy van létjogosultsága egy kizárólag pulzusértékeken alapuló protokoll kidolgozásának, melyben a pulzusadatok részletes kiértékelése és feldolgozása segítségével szolgálna adott ló számára a legmegfelelőbb edzésterv kidolgozásában, esetleg a rossz képességű egyedek korai kiválogatásában.

Eredményeink kiértékelése során a vérben mérhető paraméterek közül a laktát-, glükóz-, hematokrit-, hemoglobin-, valamint vérgáz értékek terhelésre bekövetkező változásai bizonyultak a leginkább megbízhatónak. A felsorolt mutatók nagyobb esetszám mellett alkalmasak referencia kidolgozására, jó mérői a teljesítménynek.

Az enzimek, ionok, valamint egyes hematológiai paraméterek (fehérvérsejtek, vérlemezke) ugyan változtak izommunka hatására, azonban az előző mutatókhoz képest kisebb mértékben, vagy kevésbé megbízhatón. Ez azt jelenti, hogy a teljesítménynek nem jó mutatói, azonban bizonyos betegségek esetén igen hasznos adatokat szolgálnak. Ennélfogva a jövőben – nagyobb számú minta esetén – referenciaként való felhasználásuk ajánlott.

A fentiek alapján célszerűnek találom a vérparaméterek két fő csoportba való besorolását:

- 1) Edzettségi állapot mutatói (laktát, glükóz, hematokrit, hemoglobin, vérgáz)
- 2) Klinikai kórjelző mutatók (enzimek, ionok, fehérvérsejt, vérlemezke)

Az első csoportbeli paraméterek a teljesítmény aktuális állapotát is tükrözik. Általános érvényűek tehát, megmutatják, hogy milyen edzettségi állapotban van az adott ló, illetve a referenciatartománytól való jelentős eltérés esetén utalnak arra, hogy egészséges, avagy beteg állattal van-e dolgunk.

A második csoportba sorolt mutatók egyikének – vagy akár közülük többnek – referenciaátlagtól való kifejezett eltérése specifikusabb eredményt ad. A CK enzim emelkedett plazmabeli aktivitása például izomkárosodásra utal.

A fenti felosztás természetesen csak irányadó. Bizonyos betegségek esetén mindkét csoportbeli paraméterek kiugró értékeket vehetnek fel, akár már nyugalomban is. A teljesítményvizsgálatot tehát mindenképpen előzze meg részletes fizikális- és lehetőleg műszeres vizsgálat is, hogy az esetleges betegségekre utaló jeleket már ekkor ki lehessen szűrni.

Összegzésképp elmondható, hogy az eddig megvizsgált kilenc ló eredménye legnagyobb részben a várakozásnak – valamint a szakirodalmi többnyire „futópados” adatoknak – megfelelően alakult. Az általunk kidolgozott protokoll megfelel a magyar viszonyoknak, alkalmas a hazai angol telivér állomány teljesítményének felmérésére. Nagyobb számú minta esetén a későbbi klinikai vizsgálatok számára hasznos referencia dolgozható ki a fent tárgyalt mutatók felhasználásával.

A klinikai teljesítményvizsgálati protokoll mellett hasznos lenne egy egyszerűbb, olcsóbb mérési módszer kidolgozása is, mely kizárólag pulzus-adatokra támaszkodik. Ezzel a trénernek mindennapos edzőmunkáját segítenénk, valamint hosszútávon hozzájárulna a hazai lósport eredményeinek javításához.

7. Összefoglalás

Az állatorvos-tudomány fejlődésével a magyar telivérparban is egyre népszerűbbé vált a tudatos edzési módszerek alkalmazása. Az angol telivér galopplovakon, terepen végzett terheléses vizsgálatok laboreredményeinek nagy része azonban referencia hiányában nehezen, vagy egyáltalán nem volt értékelhető. Célul tűztük ki egy hazai méréseken alapuló referencia-táblázat kidolgozását.

A mérési módszer alapvetően két részből állt: nyugalmi fizikális és műszeres vizsgálatokból, illetve a mindennapi edzések helyszínén szolgáló pályán végzett teljesítményvizsgálatból. Utóbbi során a lovak a bemelegítést követően négy vágtaszakaszt teljesítettek egyre nagyobb sebességgel. A munka alatt összesen hét alkalommal vért vettünk a *v. jugularis*-ba helyezett vénakanülön keresztül. A lovak a mérés teljes időtartama alatt egy ún. Polar pulzusmérő órát viseltek, valamint GPS-szel voltak felszerelve. A mintákból hematológiai-, biokémiai- és sav-bázis vizsgálatokat végeztünk. Eddigi munkánk során kilenc ló vizsgálatát végeztük el.

A kapott vérvizsgálati eredmények többnyire a futópados szakirodalmi adatoknak megfelelően alakultak. A hematokrit- és hemoglobinszint, valamint a laktát-koncentráció a munka mértékével megegyező ütemben, szignifikánsan emelkedett. A glükóz koncentráció – a bemelegítés hatására jelentkező csökkenést követően – szintén emelkedő tendenciát mutatott. A kreatin-kináz, az aszparaginsav-transzamináz és a laktát-dehidrogenáz enzim plazmabeli aktivitása szignifikánsan növekedett az utolsó vágtaszakasz intenzív terhelését követően. A vénás vérgáz elemzés a már bizonyított, munkavégzéssel indukált artériás hypoxaemiát alátámasztva, szignifikáns vénás pO_2 -szint emelkedést mutatott.

Eredményeink alátámasztják a terepen végzett teljesítményvizsgálatok hatékonyságát, így megfelelő segítségül szolgálhatnak a későbbi vizsgálatok kiértékelésében. Bár terepen lehetetlen a futópadhoz hasonló standard körülményeket megteremteni, alapvető szabályokat betartva (időjárás, talaj, stb.), rutinos zsokéval a versenypályán végzett terheléses vizsgálatok megismételhetők és összehasonlíthatók.

A kutatáshoz az NKB 2011/15961 pályázata, valamint a TÁMOP-4.2.2.B-10/1-10/1-2010-0011 pályázat nyújtott anyagi támogatást.

8. Summary

As veterinary science progressed, awareness training methods became more and more popular in Hungarian Thoroughbred industry. Due to the lack of a standardized reference database, greater part of laboratory results of field exercise testing could not be evaluated correctly. The aim of our present study was to prepare such a reference table to avoid any further similar difficulties.

Our study partially based on physical examinations and diagnostic imaging methods during the rest phase and exercise test on racetrack were also carried out. After warming up, four gallop sections were fulfilled by nine Thoroughbred racehorses with increasing velocity. Blood samples were collected seven times during training from the jugular vein. A “Polar” heart rate monitor and a GPS were applied during the whole training period. Hematological, biochemical and acid-base balance examinations were conducted from blood samples.

The results of our blood plasma measurements were mainly in agreement with the standard data from treadmill studies. The hematocrit value, hemoglobin and lactate concentration of the blood plasma increased significantly in proportion with the intensity of training. Plasma glucose concentration – following the initial glucose depletion during warming up – also showed a similar increasing tendency. Significantly elevated activity of creatine kinase, aspartate aminotransferase and lactate dehydrogenase was measured in the blood plasma after the intensive last gallop section. However, significantly elevated pO_2 value was detected, confirming the arterial hypoxaemia caused by work.

The results of the present study and their comparison with data from treadmill examinations confirmed the effectivity and accuracy of the performance studies in general, conducted during training and may provide useful data to facilitate the evaluation of the results of further training performance studies. However, it is impossible to create standardized circumstances like treadmill on field, exercise tests on racetrack can be repeatable and comparable complied with basic rules (weather, soil, etc.) and performed with experienced jockey.

The present work was supported by the grants NKB 2011/15961 and TÁMOP-4.2.2.B-10/1-10/1-2010-0011.

9. Irodalomjegyzék

1. ALBERT M., FODOR L., GAÁL T., KISS G., KÓTAI I., KULCSÁR M., MAGDUS M., NAGY P., RIBICZEYNÉ SZABÓ P., RUSVAI M., SOÓS P., SRÉTER T., SZÁSZ F., SZILÁGYI A., VAJDOVICH P.: Állatorvosi klinikai laboratóriumi diagnosztika. Budapest: Sík Kiadó, 1999.
2. HINCHCLIFF, K. W., GEOR, R. J., KANEPS, A. J.: Equine Exercise Physiology. Philadelphia: Saunders Elsevier, 2008.
3. ÁDÁM V., DUX L., FARAGÓ A., FÉSÜS L., MACHOVICH R., MANDL J., SÜMEGI B.: Orvosi biokémia. Budapest: Medicina Könyvkiadó Zrt., 2006.
4. LAFORTUNA, C. L., REINACH, E., SAIBENE, F.: The effects of locomotor-respiratory coupling on the pattern of breathing in horses. *The Journal of Physiology*, 1996. 492. 2. p. 587-596.
5. NYMAN, G., BJORK, M., FUNKQUIST, P., et al.: Ventilation-perfusion relationships during graded exercise in the Standardbred trotter. *Equine Veterinary Journal Supplement*, 1995. 18. p. 63-69.
6. BAYLY, W. M., HODGSON, D. R., SCHULZ, D. A., DEMPSEY, J. A., GOLLNICK, P. D.: Exercise induced hypercapnia in the horse. *Journal of Applied Physiology*, 1989. 67. p. 1958-1966.
7. WAGNER, P. D., GILLESPIE, J. R., LANDGREN, G. L., FEDDE, M. R., JONES, B. W., DEBOWES, R. M., PIESCHL, R. L., ERICKSON, H. H.: Mechanism of exercise-induced hypoxaemia in horses. *Journal of Applied Physiology*, 1989. 66. p. 1227-1233.
8. KARAS, R. H., TAYLOR, C. R., JONES, J. H., LINSTEDT, S. L., REEVES, R. B., WEIBEL, E. R.: Adaptive variation in the mammalian respiratory system in relation to energetic demand: VII. Flow of oxygen across the pulmonary gas exchanger. *Respiration Physiology*, 1987. 69. 101-115.
9. SERRANO, M. G., EVANS, D. L., HODGSON, J. L.: Heart rate and blood lactate concentrations in a field fitness test for event horses. *Australian Equine Veterinarian*, 2001. 19. p. 154-161.
10. KOBAYASHI, M., KURIBARA, K., AMADA, A.: Application of V200 for evaluation of training effects in the young Thoroughbred under field conditions. *Equine Veterinary Journal*, 1999. Supplement 30. p. 159-162.
11. VERMEULEN, A. D., EVANS, D. L.: Measurements of fitness in Thoroughbred racehorses using field studies of heart rate and velocity with a global positioning system. *Equine Veterinary Journal*, 2006. Supplement 36. p. 113-117.

12. PAPP L., VÖRÖS K., MAGDUS M.: Állatorvosi belgyógyászati diagnosztika. Budapest: Szent-István Egyetem Állatorvos-tudományi Kar Belgyógyászati Tanszék és Klinika Jegyzet, 1993.
13. DAVIE, A. J., EVANS, D. L.: Blood lactate responses to submaximal field exercise tests in Thoroughbred horses. *The Veterinary Journal*, 2000. 159. p. 252-258.
14. SNOW, D. H., HARRIS, R. C., MACDONALD, I. A., FORSTER, C. D., MARLIN, D. J.: Effects of high-intensity exercise on plasma catecholamines in the thoroughbred horse. *Equine Veterinary Journal*, 1992. 24. 6. p. 462-467.
15. ROSE, R. J., ALLEN, J. R.: Hematologic responses to exercise and training. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 1985. 1. p. 461-476.
16. ROSE, R. J., HODGSON, D. R.: Haematological and plasma biochemical parameters in endurance horses during training. *Equine Veterinary Journal*, 1982. 14. p. 144-148.
17. DYBDAL, N. O., GRIBBLE, D., MADIGAN, J. E., et al.: Alterations in plasma corticosteroids, insulin and selected metabolites in horses used in endurance rides. *Equine Veterinary Journal*, 1980. 12. p. 137-140.
18. ANDREWS, F. M., GEISER, D. R., WHITE, S. L., et al.: Haematological and biochemical changes in horses competing in a 3-star horse trial and 3-day-event. *Equine Veterinary Journal Supplement*, 1995. 40. p. 57-63.
19. ANDERSON, M. G.: The influence of exercise on serum enzyme levels in the horse. *Equine Veterinary Journal*, 1975. 7. p. 160-165.
20. HARRIS, P. A., SNOW, M. A., GREET, T. R., et al.: Some factors influencing plasma AST/CK activities in thoroughbred racehorses. *Equine Veterinary Journal Supplement*, 1990. 9. p. 66-71.
21. MCKEEVER, K. H., HINCHCLIFF, K. W., SCHMALL, L. M., et al.: Renal tubular function in horses during submaximal exercise. *American Journal of Physiology*, 1991. 261. p. 553-560.
22. HINCHCLIFF, K. W., MCKEEVER, K. H., SCHMALL, L.M., et al.: Renal and systemic hemodynamic responses to sustained submaximal exertion in horses. *American Journal of Physiology*, 1990. 258. p. 1177-1183.
23. INOUE, Y., OSAWA, T., MATSUI, A., ASAI, Y., MURAKAMI, Y., MATSUI, T., YANO, H.: Changes of Serum Mineral Concentrations in Horses during Exercise. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences*, 2002. 15. 4. p. 531-536.
24. GOTTLIEB-VEDI, M., LINDHOLM, A.: Comparison of standardbred trotters exercising on a treadmill and a racetrack with identical draught resistances. *Veterinary Record*, 1997. 140. 525-528.

25. COROUCÉ, A., GEFFROY, O., BARREY, E., et al. Comparison of exercise tests in French trotters under training track, racetrack and treadmill conditions. *Equine Veterinary Journal*, 1999. Supplement 30. p. 528-531.
26. WAGNER, P.D., GILLESPIE, J.R., LANDGREN, J.L., et al.: Mechanism of exercise-induced hypoxaemia in horses. *Journal of Applied Physiology*, 1989. 66. p. 1227-1233.
27. REICZIGEL J., HARNOS A, SOLYMOSI N.: Biostatisztika nem statisztikusoknak, Pars Kft, 2010, 465 p.
28. BENJAMINI, Y., HOCHBERG, Y.: Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *Journal of the Royal Statistical Society*, 1995. 57. 1. p. 289–300.
29. R CORE TEAM (2012). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL: <http://www.R-project.org/>.
30. PINHEIRO, J., BATES, D., DEBROY, S., SARKAR, D. and the R DEVELOPMENT CORE TEAM (2012). nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-104.
31. SEJERSTED, O.M., SJOGAARD, G.: Dynamics and consequences of potassium shifts in skeletal muscle and heart during exercise. *Physiological Reviews*, 2000. 80. p. 1411-1481.

10. Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni témavezetőmnek, Dr. Bohák Zsófiának, hogy részt vehettem a kutatásban, valamint önzetlen segítségnyújtását a munka elkészítése során.

Köszönetemet szeretném kifejezni Prof. Dr. Szenci Ottónak és Dr. Izing Simonnak, amiért lehetőséget biztosítottak számunkra a klinikai vizsgálatok elvégzéséhez.

Köszönöm továbbá Sípósné Erzsébetnek és Tani Erzsébetnek a laboratóriumban végzett munkájukat.

Köszönettel tartozom Csupor Ferenc és Friebert Attila trénereknek, valamint a mérésben precízen együttműködő zsokéknak.

Köszönetet mondok a Bábolna Nemzeti Ménesbirtok diópusztai ménesének, amiért biztosította a lovakat.

A statisztikai elemzések elkészítéséért köszönettel tartozom Dr. Harnos Andreának.

Köszönöm Dr. Mátis Gábornak dolgozatom szakmai szemmel való áttekintését és hasznos tanácsait.

Végül szeretném megköszönni családomnak és barátaimnak egyetemi tanulmányaimhoz, valamint munkám elkészítéséhez nyújtott segítségüket és szerető támogatásukat.

A kutatáshoz az NKB 2011/15961 pályázata, valamint a TÁMOP- 4.2.2.B-10/1-10/1-2010-0011 „A tehetséggondozás és kutatóképzés komplex rendszerének fejlesztése a Szent István Egyetemen” című pályázat nyújtott anyagi támogatást.