

**Doktori (PhD) értekezés tézisei**

**CSIKÓK AGYI MOZGATÓ RENDSZERÉNEK  
ÉS A MOZGÁSKOORDINÁCIÓ  
KIALAKULÁSÁNAK SZÁMÍTÓGÉPES ELEMZÉSE**

**dr. Szalay Ferenc**

**Szent István Egyetem  
Állatorvos-tudományi Kar  
Anatómiai és Szövettani Tanszék**

**Budapest**

**2001**

Szent István Egyetem  
Állatorvos-tudományi Doktori Iskola

**Iskola vezető:**

Dr. Rudas Péter, DSc  
egyetemi tanár

**Témavezető:**

Dr. Hajós Ferenc, DSc  
egyetemi tanár  
Szent István Egyetem  
Állatorvos-tudományi Kar  
Anatómiai és Szövetani Tanszék

**Témabizottsági tagok:**

Dr. Bodó Imtre, kandidátus  
egyetemi tanár  
Szent István Egyetem  
Állatorvos-tudományi Kar  
Állattenyésztési, Takarmányozástani és Laborállat-tudományi Intézet

Dr. Racskó Péter  
egy. docens  
Szent István Egyetem  
Állatorvos-tudományi Kar  
Biomatematikai és Számítástechnikai Tanszék

---

Dr. Rudas Péter

---

Dr. Szalay Ferenc

Készült 8 példányban. Ez a 3. sz. példány.

## BEVEZETŐ ÉS TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉS

A ló kitüntetett szerepe a házi emlős állatok között az eurázsiai civilizációk kialakulásával egyidejű. A házasítást követően egyértelművé vált a ló haszna a vándorlások, szállítás és a hadviselés során. Különösen a sík területen élők vették hasznát az állat erejének, gyorsaságának és kitartásának. Nélküle aligha zajlottak volna le népvándorlások, kultúrák és civilizációk találkozásai és a kereskedelem fejlődése. Ennek köszönhető, hogy az állattenyésztés fejlődése során kialakult tapasztalatok és tudásanyag nagyrészt ennek a fajnak a tökéletesítésére koncentrált.

A felhalmozódott ismeretanyag szükségessé tette a hippológia kiemelkedését az állattenyésztésből, amely a XVIII – XIX. századra érte el csúcsát. Az ekkortájt különböző országokban megjelenő intézményesített lóversenyek jelentősen emelték a lótenyésztés hatékonyságát, amely magával hozta azoknak a fajtáknak a megjelenését is, amelyek gazdasági és hadászati célra alkalmasak.

Érthető módon a hippológia fontos hangsúlyt helyezett a ló mozgására. Ennek célja, hogy a mozgásrendszer elemzésével információt nyerjünk arra vonatkozóan, hogy a használatnak legmegfelelőbb alkatú és mozgású egyedet válasszuk ki, másrészt megismerjük az állat egyes szokásait.

Az akkori hippológia azonban sajnos nem tudott túlnőni a pusztá megfigyelés határain. A XIX. század közepén megjelenő törekvések a mozgókép rögzítése terén jelentős hatást tettek, egyebek mellett, a mozgásanalízis fejlődésére. Különböző próbálkozások folytak eltérő technikai irányokban. A ló mozgását leíró első tudományos leírások az 1870-es évekből származnak. A legelső sikert Wilhelm Baumeisternek tulajdonítjuk, aki 1870-ben írta le a ló lépésének patadiagramját.

Három évvel később Etienne-Jules Marey bemutatta az eredetileg emberi mozgás analízisére szánt pneumatikus eszközt, amely lovon alkalmazva részletes patadiagramot és lépésfázis adatokat szolgáltatott. Ennek a műszernek az alapelve még ma is használatos bizonyos akcelerométerekben. Marey hírnevét azonban sokkal inkább a saját tervezésű fotópuskája alapozta meg. Kezdeben készített felvételei egy kockára exponált montázsotók voltak, később megoldotta az elkülönített exponálást és az így nyert sorozatai már alkalmasak voltak elemzési célokra is (Marey, 1873).

Marey kutatásaival párhuzamosan zajlott Eadweard Muybridge munkássága hasonló téren: ő állókép sorozatot készített szabadon futó lóról. Vizsgálatainak célja az volt, hogy kiderítse, vajon van-e olyan pillanat a mozgás során, amikor egyik végtag sem érinti a talajt. Ezek a felvételek azóta nemcsak tudományos, hanem művészeti értéket is nyertek.

Itt kell megjegyeznünk, hogy a történelmi témájú festményeiről ismert Székely Bertalan (1835 – 1910) egyike volt az elsőnek, akik az ú.n. zootrop szalagokkal dolgoztak. Ezek a szalagok nemrégiben kerültek ismét napvilágra és a Marey-val való levelezése és egyéb, kevésbé ismert munkája mellett 1992-ben Budapesten kiállítás nyílt belőlük (Szőke és Beke, 1992).

Ezek a revolver-szerű fotópuskák és a mellette fejlődő egyéb eszközök voltak a filmkamera elődei, ami hosszú évtizedeken át állt a filmkészítés szolgálatában, mialatt jelentős fejlődésen ment át.

A 24 másodpercenkénti képkocka, amelyet a szokásos kamerák készítenek jó minőségű, az emberi szem számára folymatosnak tűnő képet ad. Lassított lejátszásuk különösen hasznosnak bizonyult a különböző mozgásformák részleteinek megismerésében. Manapság már olyan egyéb, kifinomult eszközök állnak a kutatók rendelkezésére, mint pl. a nagysebességű (high-speed) video kamera, amelyek bevonultak a mozgás elemzés területére is (Kobluk és mtsai, 1989; Martinez del Campo és mtsai, 1991). Az 1970-es évektől kezdődően, amikor az elektronikus eszközök bevonultak a köznapi használatba is, megszületett a technikai háttere a speciális fényrekeszeknek és a precíziós alkatrészek működését szabályozó elektronikáknak. Emellett a fotokémiai eljárások kifinomulása lehetővé tette rendkívüli érzékenységű filmek ipari előállítását is. Ennek a fejlődésnek a csúcsaként sikerült több, mint 10.000 képkocka/sec mintevételű filmeket előállítani.

Egy másik jelentős előrelépés volt a mozgáselemzés terén a futószalag alkalmazása, amellyel a szabadon mozgó állatok filmezésénél előálló eltéréseket sikerült kiküszöbölni. Másfelől a mozgásban lévő állatot sikerült a kamera előtt egy helyben tartani és vizsgálni a főbb anatómiai pontokra helyezett markerek mozgását. Természetesen ez megkövetelte az állatok felkészítését ehhez a számukra idegen környezethez (Althouse and Auer, 1987; Fredericson és mtsai, 1983). Az így nyert adatokat azonban kellő óvatossággal lehet csak a szabadon mozgó állatok adataival összevetni (Ingen Schenau, van, 1980; Corle and Goodship, 1993). Összességében a futószalagon mozgó lóról készült felvételek és az azt követő elemzések értékes

információkat szolgáltatnak a végtagok és az ízületek mechanikájára vonatkozólag, ami különösen fontos lehet a sántaság vizsgálatakor (Stashak, 1987).

A normális mozgás elemzésének egyik igen jelentős célja, hogy a fiatal állatok vizsgálatával előrejelzést kapjunk a felnőttkori teljesítményre vonatkozóan (Clayton, 1989; Grant, 1989, 1992; Back, 1994). A törekvések ellenére ez a cél még távolinak tűnik. Az elmúlt másfél évszázad tapasztalatai sajnos nem eredményeztek egyértelmű összefüggéseket ezen a területen. Nem fejlődött ki ezeknek az adatoknak a talaján számottevő módszerbeli változás sem a tréningbe állítás, sem pedig maga a tréning tekintetében. Az okok mögött az ismeretanyag hiányossága áll, ami többek között a mozgató rendszer központi idegrendszer általi kontrolljára is vonatkozik. Amíg a kísérleti idegtudományok már rég leírták a vázizomzat innervációját mind a központi, mind pedig a környéki idegrendszer vonatkozásában számos állatfajnál, addig ugyanez a ló esetében hiányos. Az agyi motoros pályák kialakulásának és topográfiájának hiányában az értékelésnek nincs biológiai alapja, következésképp nincs objektív módszer a fejlődés és szelekció céljaira sem. Az állatorvosi anatómiai könyvek is inkább a többi, zömében kisállatokra vonatkozó leírásokra hagyatkoznak. A macska, kutya, stb. agyának mérete lehetővé teszi az egyben való fixálást, beágyazást és metszést a szokásos mikrotómokban. A pályakövetés módszere a teljes agy metszetsorozatának idegrost festéses vizsgálatán és későbbi rekonstrukcióján alapul. A nagy testméretből adódó kényelmetlenségek mellett a ló kísérleti célokra való felhasználását gátolja az állat rendkívüli vételára és tartási költségei. Ezek a tényezők jelentős gátat vetnek az olyan kísérletek elé, amelyekben különböző életkorban kell az állatot feláldozni. Ezen túlmenően a ló agyának mérete eléri a gyermek agyáét, ami lehetetlenné teszi a normál méretű mikrotómon, vagy kriosztáton való lemetszést.

A pályakövetés a myelinizált rostok jelzésén alapul. Számos festési eljárás ismert, amelyekkel a myelin hüvelyt láthatóvá tehetjük (lásd Pannese, 1994). Ennek a myelin hüvelynek a kialakulása az axon körül a késői embryonalis és korai postnatalis korban zajlik (Río Hortega, 1930), amelynek időbeni megoszlása jelentős fajonkénti eltérést mutat. Míg néhány faj majdnem teljesen myelinizálatlan központi idegrendszerrel jön világra, addig másokban a myelinizáció különböző mértékben már lezajlott erre a pillanatra. Néhány pályára jellemző, hogy myelinizációja akár a felnőttkorig elhúzódhat. Ilyen például a motoros rendszer is. Fontos megemlíteni, hogy myelin hüvely kialakulása az axon körül jelzi annak funkcionális érettségét,

minthogy csak ezután lesz képes teljes fokú ingerület vezetésre (Lillie, 1925; Huxley and Stämpfli, 1949). Nagyon jól tükrözi ezt az újszülött mozgás mintázata is. A motoros pályák előrehaladottabb myelinizációjával születő fajokban hamarabb alakul ki az önálló mozgás mint azokban, amelyek újszülött korban kevésbé myelinizáltak (Szalay és mtsai, 2000).

A myelinizáció foka és az újszülött mozgásának jellege között fennálló párhuzamosságra alapozva a myelinizációt tekintettük a legfőbb morfológiai referenciának a mozgás mintázat fejlődésének vizsgálata során.

A humán agyak szövettani feldolgozásához elengedhetetlenül szükséges a nagyméretű speciális mikrotóm az utóbbi években jelent meg a mikrotechnikai műszaki fejlesztésekben. Ezt kísérték olyan változások a háttérparban, mint pl. a nagyméretű, kellő optikai tulajdonságú tárgy- és fedőlemez gyártása, vagy a nagyméretű mikroszkópos tárgyasztal konstruálása. Ezek az eszközök, továbbá a megfelelő teljesítményű számítógép tették lehetővé, a ló teljes agyának szövettani feldolgozását.

Ezen belül saját vizsgálataink a különböző fejlődési stádiumban levő ló agyak mozgató rendszerének leírására irányultak.

## A DISSZERTÁCIÓ CÉLKITŰZÉSEI

Elsődleges célunk az volt, hogy elkészítsük a felnőtt és a fejlődésben lévő ló agyak morfometriai elemzését. Ilyen módon kívántunk referencia adatokhoz jutni a későbbi funkcionális morfológiai vizsgálatokhoz. Ehhez megkíséreltünk:

- (i) megfigyelni a motoros központok cytoarchitecturáját, különös tekintettel a a neocortex primer motoros areájára, a striatumra, az agytörzsre és a kisagy kéregállományára
- (ii) követni a motoros központok és pályák myelinizációs folyamatait az agy olyan területein, amelyek lényegesek lehetnek a vázizomzat beidegzésében és a mozgás koordináció felügyeletében
- (iii) olyan objektív mérési adatokat nyerni a késői magzati kortól a felnőtt korig, mint pl. hossz-, keresztmetszeti, térfogati, felületi méretek, vagy a gyrifikáció mértéke.

Másfelől igyekeztünk összefüggéseket keresni a motoros központok és pályák esetében szövettanilag megállapított érési stádiumok és a video felvételekből generált mozgásmintázat jelődése között.

Végül megpróbáltuk mind a szövettani, mind pedig a funkcionális vizsgálati eredményinket objektív, magas fokon automatizált komputeres képanalízis rendszer segítségével feldolgozni, amelyet jelen vizsgálatok céljára fejlesztettünk ki.

Jelen tanulmány olyan próbálkozásnak tekintjük, amely új perspektívákat nyithat meg a csikók felnőttkori sportteljesítményének korai megítélésében. Eredményeink remélhetően hozzájárulnak neurológia fejlődéséhez is a lógyógyászat terén.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Késői postnatalistól két éves korig összesen hét ló agyat távolítottunk el a koponyából. A postnatalis egyedeknél a fertőző és neurológiai betegségek kizárhatók voltak. A halál beálltát követően az állatokat hűtve (4 °C) tároltuk, majd 2–4 órán belül eltávolítottuk az agyat. Az agyburkóktól megtisztított agyvelők tömegét (14 nappal a várható ellés előtt: 305 g; 7 nappal a várható ellés előtt: 303 g; újszülött: 312 g; 4 napos: 311 g; 6 hetes: 326 g; 545 napos: 608 g; 560 napos: 615 g) hosszát rostro-caudalisan megmértük. A teljes agyakat 4 – 10 %-os 7.4-es pH-jú foszfátpufferolt formalinban fixáltuk. A fixálási idő 3 – 8 hónap között változott az agy méretétől függően. A rögzítést követően az agyakat lefotóztuk, majd 1%-os eozin oldalba merítettük. Ezt felszálló alkohol soros dehidráció követte egyenként 2 – 5 napos fázisokkal, majd kloroformon át paraffinba ágyasztuk anyagainkat. A 20 µm vastagságú szövettani metszetek TETRANDER típusú nagyméretű metszetek előállítására kifejlesztett mikrotómmal készítettük el a teljes agy hosszában. Ötszáz mikrométerenként két egymást követő metszetet kiemeltünk és nagyméretű tárgylemezre húztunk fel, majd a cytoarchitectura vizsgálatához Nissl krezil-ibolya, a myelin hüvely tanulmányozásához Haidenhain-féle vas-hematoxilin festést alkalmaztunk.

A metszetsorozatokot 8 bites szürkeárnyaltos képekké digitalizáluk és a szegmentálást és küszöb beállítást (Rosenfeld és Kak, 1976) követően kiértékeljük az NIH Image 1.62 képelemző szoftver segítségével.

A kontúr méréseket a Nissl-festett metszeteken végeztük úgy, hogy a durva kontúrt ( $C_{out}$ ) szegmentációval generáltuk. Nagyobb nagyításnál a finomabb kontúr ( $C_{tot}$ ) is egyértelműen körberajzolhatóvá vált. A  $C_{out}$  és  $C_{tot}$  értékek hányadosaként kaptuk a gyűrűindexet (GI; Wosinski és mtsai, 1996). A kerület mellett a metszetek területét is mértük. Az agyvelő főbb részeit: a nagyagy féltékéket, kisagyat, agytörzset külön-külön is megmértük. A myelinizált területek arányának meghatározására a teljes metszet területét a Nissl-festett anyagon és myelinizálódott területet a Haidenhain-festett anyagon hasonlítottuk össze. A metszeteken belül azokat a pályákat, amelyek a mozgás végrehajtásában, vagy kontrolljában jelentős szerepet töltenek be egyenként, manuálisan azonosítottuk.



A mért területeket referencia területekhez viszonyítottuk denzitometriai szempontból. A referencia területek között a nagyagy kéreg mint minimális, a n. opticus pedig mint maximális myelin denzitású képlet szerepelt. A cytoarchitectura vizsgálatokban az elsődleges és másodlagos motoros kérgi mezőket vizsgáltuk. A 3-as és 5-ös rétegek pyramis sejtjeit denzitásuk alapján szegmentáltuk és viszonyítottuk a teljes kortikális látómezőhöz. A kisagyban a migráló szemcsesjteket vizsgáltuk, amelyek perinatalisan a külső szemcsesajt rétegből vándorolnak a Purkinje-sejtek között végleges helyükre a (belső) szemcsesajt rétegbe. A sejt mennyiségét szintén denzitometriai elemzéssel állapítottuk meg a str. granulosum externum és str. moleculare-ban. A Purkinje-sejtek sűrűségének méréséhez segédvonalat vettünk fel a str. gangliosum mentén és számoltuk a vonalat érintő és/vagy metsző sejteket egységnyi területen.

MRI sorozatfelvételeket készítettünk a két felnőtt ló agyáról. A koponyából történő kiemelést 8 hónapos fixálási idő követte. A 256 coronalis metszetből álló MRI szekvenciákat három dimenziós rekonstrukcióval összeillesztettük az NIH Image 1.62 programban, így lehetőségünk nyílt ismét teljes agyon meghatározni az anatómiai képleteket.

Mozgáselemzési vizsgálatainkat a kereskedelmi forgalomban is kapható VHS video kamera és a mozgáselemzési célra fejlesztett CODA-3 (Cartesian Optoelectronic Digital Apparatus, Charnwood Dynamics, Loughborough, Anglia) által generált adatok (Mitchelson, 1988; Schamhardt és mtsai, 1992; Back és mtsai, 1993) összehasonlításával kezdtük. Ilyen módon kívántunk meggyőződni a nem professzionális VHS videózás pontosságáról. Egyidejű, párhuzamos felvételeket készítettünk mindekét rendszerrel egy 5 éves holland melegvérű herélt állatról. A bemelegítést követő felvételek 5 perces időtartamúak voltak, amelyeket a futószalagon mozgó állatról készítettünk lépésben, ügetésben és vágásban 1,6; 4 illetve 7 m/s sebességnél. Az összehasonlítás pontossága kedvéért ugyanazon lépésciklusokat elemeztük mindkét rendszerrel. Az elülső és hátulsó végtagok elemzését különböző felvételek alapján végeztük. A pontosság tesztelésekor az 4 m/s sebességű ügetés 13 lépésciklusának minden egyes képkockáját időben azonosítottuk a CODA rendszer adatsorával. Az időbeni azonosság megállapítására egy a CODA rendszerrel összehangolt időszámláló berendezés képét is rögzítettük videofelvételeinken.

A zárt térben elhelyezett futószalag 1000 – 1500 lux természetes megvilágítást kapott, amely többé-kevésbé elegendő volt a 8 méteres távolságból, bal oldalról készített video felvételekhez. A felvételeket SONY videomagnón játszottuk vissza képkocka kimerevítéssel. Az ilyen módon megállított, remegésmentes állóképeket egy Macintosh 8100/80 AV személyi számítógép gyárilag beépített digitalizáló kártyájával számítógépes képállományokká alakítottuk.

A végtag szegmentumok szögének, illetve anatómiai képletek pozíciójának meghatározásához az NIH Image képanalízis program Pascal-szerű makrónyelvén saját készítésű, erre a célra megírt szoftvert használtuk. Az ízületi szögeket a CODA rendszer adataival való összehasonlíthatóság kedvéért általában a 0° körüli negatív és pozitív értékekkel fejeztük ki, azonban a lapocka és a csípő ízület mozgását a környezet horizontjához viszonyítottuk. A két felvevő rendszer által érzékelt esetleges különbséget a horizont síkjának tekintetében matematikai transzformációval korrigáltuk azáltal, hogy szögek átlagának különbségével növeltük video felvételekből nyert adatok értékét.

A statisztikai analízis során általában Student t-próbát és  $\chi^2$ -próbát, a mozgásanalízis adatainak összevetésekor regressziós analízist használtunk.

## EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

Mind a kvantitatív, mind pedig a kvalitatív méréseink eredményei alapján állíthatjuk, hogy a teljes agyvelő mérete az ellés előtti 14. naptól a postnatalis 45. napig számottevően nem változik, ugyanakkor jelentős belső változásokon megy át:

- a Nissl-anyag mennyisége megnő, mind szöveti, mind pedig az egyes neuronok szintjén;
- a myelin mennyisége és festési intenzitása megnő, újonnan keletkezett myelin tűnik fel, amelyek a myelinizálódott motoros pályák összterületét megnövelik.

A 45. postnatalis naptól a felnőttkorig az agy teljes mérete mintegy megkétszereződik, amint ezt a külső paraméterek változása is jelzi, ugyanakkor a myelin és a Nissl-anyag arányos változása ezt nem kíséri. Ez azt jelenti, hogy a motoros pályák érésének főbb mozzanatai a prenatalis és a korai postnatalis időszak között már lejátszódtak, amíg az agyvelő méretbeli növekedése az érési folyamat után következik be.

A ló mozgáásnak elemzése terén új módszert vezettünk be, amelynek pontosságát és használhatóságát is teszteltük. A módszer alapját VHS videofelvételek adják. Az így nyert eredmények megállják a helyüket a professzionális, kizárólag erre a célra fejlesztett (CODA) rendszerek mellett is.

A VHS alapú mozgáselemző rendszerből kapott adatsorok görbéit összehasonlítottuk különböző mozgástípusoknál és végtag ízületeknél, majd további összehasonlítást végeztünk a csikó és a felnőtt ló mozgása között. Ezzel a módszerrel meg tudtuk határozni az „éretlen” és „érett” mozgásmintázatot az egyes ízületi szögek szintjén. Ezek az eredményeink kiindulópontot jelenthetnek további elemző munkákhoz. Általánosságban elmondhatjuk, hogy azok a proximalis ízületek, amelyeket nagy tömegű izomzat mozgat „éretlen” mozgásmintázatot tükröznek a korai postnatalis időszakban, mint a distalisabban helyeződő, redukáltabb izomzat által működtetett ízületek.

A lépésciklus fázisainak idő adatait vizsgálva azt találtuk, hogy jelentős különbség adódik a csikó és a felnőtt ló esetében. A lépésben és az ügetésben vizsgált fázisarányok a csikóban nem változnak, míg a felnőttnél a lépésből az ügetésbe váltva a lebegő fázis jelentősen megnő.

A mozgásanalízis eredményei kvantitatív módon tükrözik a koordináció előrehaladását a végtagok mozgásában, amely mellett párhuzamosan érnek az agyi mozgató pályák és központok. Feltételezzük, hogy oki összefüggés áll fenn a ló mozgásszerv-rendszerének szerkezeti és funkcionális érése között, amelynek ellenőrzése további vizsgálatokat igényel.

## IRODALOM

- Althouse, C.G. and Auer, J.A. (1987) The description of a treadmill and its uses in clinical equine research. *Southwest Vet.* 38, 40-46.
- Back, W., Bogert, A.J. van der, Weeren, P.R. van, Bruin, G. and Barneveld, A. (1993) Quantification of the locomotion of Dutch Warmblood foals. *Acta Anat.* 146, 141-147.
- Back, W. (1994b) Development of equine locomotion from foal to adult. Theses, Utrecht, The Netherlands.
- Baumeister, W.: Anleitung zur Kenntniss des Außeren des Pferdes für Tierärzte, Gestütsbeamte und Pferdebesitzer jeden Standes. 6te Auflage von Rueff umgearbeitet. Ebner & Seubert, Stuttgart, 1870.
- Clayton, H.M. (1989) Gait analysis as a predictive tool in performance horses. *J. Equine Vet. Sc.* 6, 335-336.
- Corley, J.M. and Goodship, A.E: (1993) Treadmill training induced changes to some kinematic variables measured at the canter in Thoroughbred fillies. *Equine Vet. J. Suppl.* 17, 20-24.
- Fredericson, I., Drevemo, S., Dalin, G., Hjertén, G., Björne, K., Rynde, R. and Franzen, G. (1983) Treadmill for equine locomotion analysis. *Equine Vet. J.* 15, 111-115.
- Grant, B.D. (1989) Performance prediction. *Equine Athlete* 2, 1-2.
- Grant, B.D. (1992) Performance prediction. *Equine Vet. Data* 13, 226-227.
- Huxley, A.F. and Stämpfli, R. (1949) Evidence for saltatory conduction in peripheral myelinated nerve fibres. *Journal of Physiology* 108, 315-339.
- Ingen Schenau, G.J. van (1980) Some fundamental aspects of the biomechanics of overground versus treadmill locomotion. *Med. and Sc. in Sports and Exerc.* 12, 257-261.
- Kobluk, C.N., Schnurr, D., Horney, F.D., Sumner-Smith, G., Willoughby, R.A., Deekler, V. and Hearn, T.C. (1989) Use of high-speed cinematography and computer generated gait diagrams for the study of equine hindlimb kinematics. *Equine Vet. J.* 21, 48-58.

- Lillie, R.S. (1925) Factor affecting transmission and recovery in the passive iron nerve model. *Journal of General Physiology*. 7, 473-507.
- Marey, E.-J.: *La machine animale, locomotion terrestre et aérienne*. Germer Baillière, Paris, 1873.
- Martinez del Campo, L.J., Kobluk, C.N., Greer, N., Trent, A.M., Stoner, L.J., Wickstrom, L. and Loch, D. (1991) The use of high-speed videography to generate angle-time and angle-angle diagrams for the study of equine locomotion. *Vet. Comp. Orthop. Traum.* 4, 120-131.
- Mitchelson, D.L. (1988) Automated three dimensional movement analysis using the CODA-3 system. *Biomed. Tech.* 33, 179-182.
- Pannese, E.: *Neurocytology*. Thieme, Stuttgart, New York (1994).
- Río Hortega, P. del. (1930) Concepts histogénique, morphologique, physiologique et physio-pathologique de la microglie. *Revue Neurologique* 37, 956-986.
- Rosenfeld, A. and Kak, A.C.: *Digital Picture Processing*. Academic Press, New York, 1976 p.457.
- Schamhardt, H.C., Bogert, A.J. van den, Lammertink, J.L.M.A. and Markies, H. (1992) Measurements and analysis of equine locomotion with the CODA-3 kinematic analysis system. *Proceedings 8<sup>th</sup> Meeting ESB, June 21-24, Rome, Italy*, 270.
- Stashak, T.S. *Adam's Lameness in horses*. 4<sup>th</sup> ed. Lea & Febiger, Philadelphia, 1987, p. 76.
- Szalay, F., Zsarnovszky, A., Fekete, S., Hullár, I., Jancsik, V. and Hajós, F. (2001) Retarded myelination in the lumbar spinal cord of piglets born with spread-leg syndrome. *Anat. Embryol.* 203, 53-59.
- Szőke Annamária és Beke László: *Székely Bertalan mozgástanulányai*. 1992. Magyar Képzőművészeti Főiskola – Balassi Kiadó – Tartóshullám Budapest
- Wosinski, M., Schleicher, A. and Zilles, K. (1996) Quantitative analysis of gyrification of cerebral cortex in dogs. *Neurobiology*, 4, 441-468.

## **Publikációs lista a disszertáció alapját képező cikkekről**

### **PUBLIKÁCIÓK**

- Szalay, F., Zsarnovszky, A., Fekete, S., Hullár, I., Jancsik, V. and Hajós, F.: Retarded myelination in the lumbar spinal cord of piglets born with spread-leg syndrome. *Anat Embryol* (2001) 203:53–59
- Szalay, F.: Development of the equine brain motor system. *Neurobiology* 2001 9, 2:81–109

### **POSZTER**

- Szalay, F., Back, W., Barneveld, A., Schamhardt, H. and Hajós, F.: A comparative study of home video-Macintosh computer based and modified CODA-3 systems in equine motion analysis. The 3rd International Workshop on Animal Locomotion. 20-22 May, 1996.

### **ABSZTRAKT**

- Szalay, F., Zsarnovszky, A., Fekete, S., Hullár, I., Jancsik, V. and Hajós, F.: Retarded myelination in the lumbar spinal cord of piglets born with spread-leg syndrome. *Neurobiology* (2001) in press