

# **En kvalitativ utvärdering av det accelerometerbaserade hältdektionssystemet ”Lameness Locator”**

**Ebba Suneson**

**Handledare: Chris Johnston  
Universitetsdjursjukhuset, Uppsala**

**Biträdande handledare: Lars Roepstorff  
Enheten för hippologutbildningen, SLU**

## Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	3
Summary.....	5
Inledning.....	7
Material och Metoder .....	8
Resultat .....	10
Diskussion.....	25
Konklusion.....	27
Litteraturförteckning .....	29

## **SAMMANFATTNING**

**Bakgrund:** Utvärdering av rörelsestörningar hos häst görs traditionellt genom att en veterinär subjektivt bedömer hästens rörelser, vilket ger utrymme för stora skillnader i diagnostiken. Forskning inom området har länge försökt fastställa en objektiv och standardiserad metod för att utvärdera hältor hos häst. Flera metoder har visat sig fungera och används regelbundet inom forskningen, t.ex. mätning av hovens belastning mot underlaget (ground reaction forces), registrering av rörelser med hjälp av höghastighetskamera och accelerometerbaserad teknik. Dock har ingen av metoderna blivit tillgängliga för kliniskt bruk eftersom de ofta kräver lång förberedelse, är tekniskt avancerade, är begränsade till utvärdering på rullmatta, och sist men inte minst ger de stora mängder svårbegriplig data.

Ett förenklat accelerometersystem, med tillhörande mjukvara, för användarvänliga resultat har under senare tid utvecklats på University of Missouri, USA (Keegan *et al.* 2004). Systemet består av två accelerometrar och en gyrometer som trådlöst sänder data till en bärbar datorenhet som snabbt analyserar asymmetrier härrörande från huvud eller bäcken och presenterar resultatet som en sammanfattning av var i stegfasen, d.v.s. under vilket bens belastning, som de eventuella asymmetrierna uppstår samt dess storlek och signifikans.

**Syfte:** Att utvärdera "Lameness Locator's" användbarhet i kliniska situationer, på hästar i vardagligt arbete och i hög hastighet under svenska förhållanden samt att identifiera felkällor som kan påverka användarens diagnostik.

### **Genomförande:**

Lameness Locator utvärderades på tre sätt:

En häst utrustades med sensorer och data samlades parallellt med ordinarie hältutredning, där både longering, böjprov och diagnostiska anestesier lades, och resultatet kunde hela tiden jämföras med veterinärens subjektiva bedömning.

En annan häst hältutreddes i fält och även här samlades data under hela utredningen. Parallellt med veterinärens bedömningar av hästen för hand samlades även data när hästen arbetade framför sulky på travbana för att jämföra systemets resultat i hög och låg hastighet.

Ett tredje försök inriktade sig på att utvärdera systemets förmåga att detektera asymmetrier i höga hastigheter hos travhästar. Travhästar i tävlingskondition kördes i hög hastighet och man försökte provocera fram rörelsestörningar genom att fästa vikter till hovarna.

**Resultat och diskussion:** "Lameness Locator's" resultat korrelerade väl med den parallella hältutredningen. Båda de ingående hästarna visade samma problem enligt systemet som enligt veterinären och utredningens utveckling kunde följas genom diagnostiska anestesier till dess att patienterna bedömdes som ohalta av båda källor.

I försöket med viktinducerade asymmetrier visade det sig att de ingående försökshästarna var initialt halta vilket påverkade resultatet. Den slutsats som

kunde dras var att hålla på ett initialt halt bakben blir värre om man fäster en vikt till det. Detta uppvisades med signifikans hos 2 hästar av 3.

Genomgående för alla försök visade systemet god förmåga att detektera rörelseavvikelser oavsett underlag eller hastighet. Även kompensatoriska rörelseförändringar uppfattas och presenteras av systemet, vilket kräver kunskap om detta hos användaren för att korrekt utvärdera resultatet.

## **SUMMARY**

**Background:** Evaluation of lameness in horses is traditionally performed by a veterinarian who subjectively evaluates the movements of the horse. Accordingly, lameness diagnosis varies with the veterinarian and circumstances for which the horse is examined. Research within the area has long tried to establish an objective and standardized method for lameness evaluation in horses. Several methods have been shown to be reliable and are used regularly within research, for example measurement of forces between the hoof and ground, and measurement of movements with high speed cameras or accelerometers. However these methods require considerable preparation, standardization, and expensive equipment as well as produce large amounts of data that are incomprehensible for the clinician. Consequently, up until now the implementation of objective lameness methodologies to a normal clinical setting has been prohibited.

A simplified accelerometersystem with associated software for userfriendly results has been developed at University of Missouri, USA. The system comprizes two accelerometers and one gyrometer that sends data to a portable computer. The data analysed is then presented as a summary of asymmetries arising from the head or pelvis and which limb that can be connected to that asymmetry. It also measures magnitude and significance of the assymetries.

**Purpose:** To evaluate "Lameness Locator's" usefulness in clinical situations, on horses in everyday work and in high speed during swedish conditions and to identify sources of error that can influence the user's diagnosis

**Hypotesis:** "Lameness Locator" is a useful aid in clinical assement of lamenesses in horses

### **Procedure:**

The system was evaluated during three situations

Data were collected from a horse, equipped with sensors, that was evaluated for lameness including lounging, flexion tests and diagnostic blocks. The result was compared with the assessing veterinarian.

Another horse was evaluated in a field study during work at a trotting track and again, data were collected during the entire investigation. This was also an occasion to test the system's ability to detect lameness at high speed.

A third experiment concentrated on evaluating the system's ability to detect asymmetries at high speed in trotters. Three horses, fully fit for competition, were driven at high speed and movement disturbances were provoked by a weight attached to the hoofwall.

**Results and discussion:** Lameness Locator's results correlated well to the ongoing lameness-evaluation. For both horses horses that came into the clinic the results according to the system was the same as for the veterinarian's evaluation.

In the experiment with weight-induced asymmetries, the participating horses turned out to be initially lame which influenced the result. In two of the three horses the lameness was exaggerated by weighting the lame limb.

“Lameness Locator” could detect lamenesses irrespective of footing or speed. Even compensatory movements are detected and presented within the system, which requires knowledge about this in order to correctly evaluate the results.

## INLEDNING

Hältor hos sporthästar är ett alltid aktuellt problem av stor ekonomisk betydelse. Att diagnosticera rörelsestörningar korrekt och i ett tidigt skede är av yttersta vikt när det gäller behandling och planering av elitpresterande hästars träning för hållbarhet och prestation. Små avvikelser i hästars rörelseapparat kräver inte bara stor erfarenhet för att upptäckas utan bedöms ofta subjektivt med stor variation i resultatet som följd (Keegan *et al.* 1998).

Forskning inom området har sedan länge försökt att med olika redskap hitta ett sätt att objektivt och standardiserat bedöma håltor hos häst. Olika metoder har använts såsom registrering av ”ground reaction force” (Weishaupt *et al.* 2002) vilket baseras på att en smärtsam process kommer att förändra belastningen mellan olika ben. Vidare har man framgångsrikt kunnat detektera håltor med hjälp av ”video-based motion analysis system”, en metod där höghastighetskameror mäter lägesförändringar i vissa punkter som markerats på hästen och med hjälp av detta tagit fram kinematiska gränsvärden för rörelseavvikelser som kan klassas som håltor (Audigié *et al.* 2002). Dessa metoder har visats pålitliga och forskningsmässigt använts i många försök vilket gett oss värdefull information om hästars kompensatoriska rörelsemönster vid håltor (Buchner *et al.* 2001). Inget av systemen är särskilt användbara kliniskt då de ofta kräver lång förberedelse, avancerad utrustning eller begränsas i sin användning till utvärdering på rullmatta, vilket är fallet med höghastighetskamera-tekniken, eller tillgång till kraftmätningsskivor över en stor yta vilket blir ett mycket dyrt alternativ.

På University of Missouri, USA, pågår sedan många år tillbaka ett projekt med att utnyttja IMU-baserad (Inertial measurement unit) teknik för att detektera håltor hos häst. Tekniken är ursprungligen ett navigationssystem bestående av accelerometrar och gyrometrar som utan extern referens kan mäta förändringar i hastighet och acceleration vilket registreras och med hjälp av dator kan omvandlas till läge och position för sensorn. Genom att anpassa och använda systemet till att registrera hästars rörelsemönster har man utvecklat mjukvaruprogrammet ”Lameness Locator” som bearbetar utvunnen data och sammanfattar resultatet i ett A4-format där eventuella asymmetrier från huvud eller bäckenrörelser presenteras kopplade till hästens stegcykel och därmed pekar ut ett specifikt ben som orsak till asymmetrin. Systemet har hittills visat sig fungera i försök med håltor i låg hastighet (Keegan *et al.* 2004).

Det finns dock flera olika variabler som måste uppfyllas för att en metod skall vara klinisk användbar utöver det faktum att tekniken är validerad. Dagens håltutredningar vid kliniker och i fält är ofta tidsbegränsade beroende på både patienttryck och vinstaspekter och att införliva ett nytt moment i arbetsschemat måste vara enkelt att både applicera och avläsa samt innebära tillräckliga fördelar för att uppväga det extra arbetet. Begreppet ”användbarhet” har använts som syftet i denna studie och innefattar såväl klinisk tillämplighet som teknisk användarvänlighet men lägger också stor vikt vid att identifiera felkällor som skulle kunna influera användarens diagnostik.

Att introducera ett tekniskt system för att utvärdera håltor innebär ju inte endast en möjlighet till en objektiv analys utan också en risk för feltolkning av data som presenteras av systemet. En vanlig definition av håltor är att det är en smärtutlösning

asymmetri och hältutredningar baseras ofta på detta eftersom man använder diagnostiska anestesier för att lokalisera asymmetriens orsak. "Lameness Locator" detekterar dock asymmetrier oavsett ursprung och användningen av dessa data kräver därmed att användaren kan utvärdera resultatet och korrekt bedöma dess relevans i en klinisk situation. Asymmetrier som presenteras av systemet behöver inte vara smärtutlösta utan kan ha ursprung i underlag, böjt spår, rörelsemönster eller en kusks inverkan via tygeltag. Ett annat exempel på en sådan feltolkningsfaktor är fenomenet "kompensatoriska rörelseasymmetrier". En bakbenschälta kompenseras belastningsmässigt på ett sätt som förändrar hästens frambensrörelser så att det imiterar en frambenschälta i det ipsilaterala frambenet. En äkta frambenschälta indicerar på samma sätt kompensatoriska rörelsemönster som imiterar bakbenschälta i det kontralaterala bakbenet (Kelmer *et al.* 2005).

Syftet med denna studie var att utvärdera accelerometer- och gyrometertekniken kopplad till dataprogrammet "Lameness Locator" användbarhet som ett komplement i kliniska situationer, applicerat på svensk hältutredningstradition, på hästar i vardagligt arbete och i hög hastighet samt att lokalisera risker för felbedömning av dataresultatet.

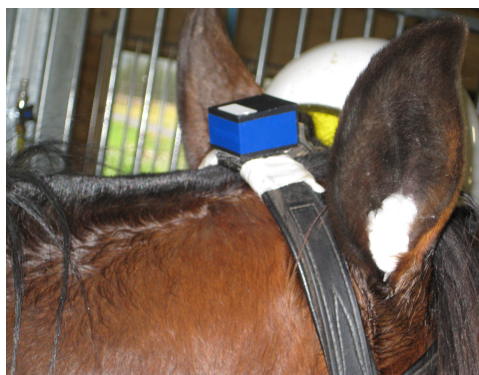
## MATERIAL OCH METODER

### 1) SYSTEMBESKRIVNING

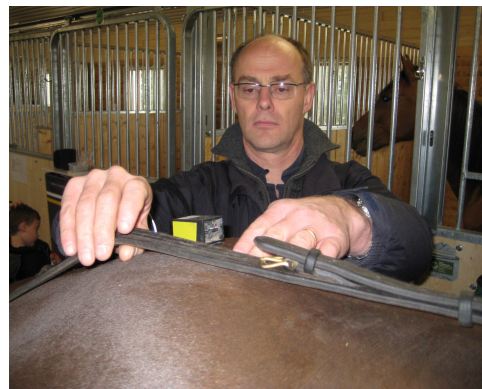
Utrustningen som detta system baserar sig på består av två stycken accelerometrar och en gyrometer. Respektive sensor väger 38 g och är ca 2,5x3,5x4 cm stora.

En accelerometer kan mäta acceleration på ett föremål som den är fäst vid genom att en fritt förskjutbar tyngd inne i accelerometern. Tyngdens lägeförskjutning gentemot det fasta höljet vid rörelse registreras och accelerationen för ett föremål kan mätas i den riktning som accelerometern är riktad.

I detta försök fästes accelerometrar med vertikal riktning på tränsets nackstycke (Bild 1) och högsta punkten på korset, mitt i mellan de två tuber sacrale (Bild 2). Systemet tillåter en relativt stor variation på placeringen av accelerometer-sensorerna innan detta skulle ge upphov till felaktig data (Keegan, 2008).



**Bild 1)** Placering för accelerometer på nackstycket



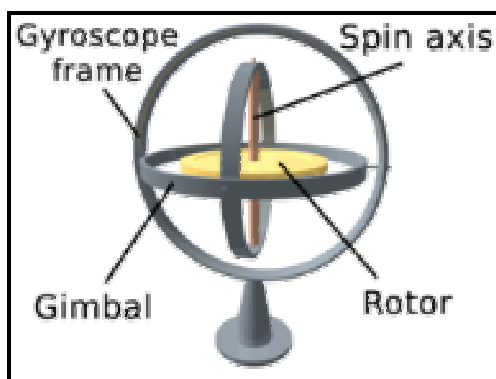
**Bild 2 )** Placering för accelerometer på korset

På detta sätt registrerades huvudets och korsets vertikala acceleration vilken genom att integreras i dubbla steg ger den vertikala positionen, för respektive kroppsdel, vid varje tidpunkt.



En gyrometer har ett hjul som genom en speciell upphängning tillåts att behålla sin rotationsriktning oavsett omgivningens rörelse. Omgivningens rörelse och hastighet kan på detta sätt mätas i förhållande till det roterande hjulet. (Bild 3).

I detta försök används gyrometern, som är fäst dorsalt på kotbenet (Bild 4) på hästens högra framben m.h.a. elastiskt självhäftande bandagematerial, för att avgöra när hoven är i marken och när den är i luften och på detta sätt kan man detektera var i stegfasen hästen befinner sig vid varje given tidpunkt.



**Bild 3 )** Gyrometer. Generell uppbyggnad.

**Bild 4)** Placering av gyrometer på kotbenet HF

Således kan man korrelera avvikelser i vertikala rörelser för huvud och kors till var i stegfasen hästen befinner sig. D.v.s. vilken belastningsfas som orsakar förändringar i huvudets eller korsens normala rörelsemönster (eg. hälta).

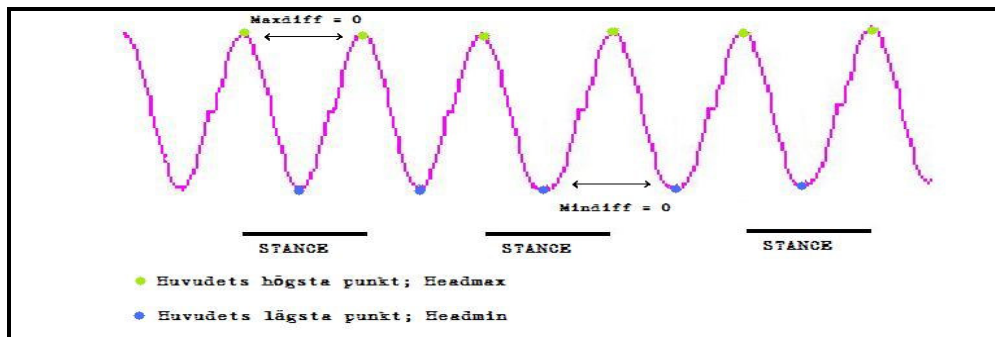
Signalerna från sensorerna överförs trådlöst m.h.a. blåbands-teknik till en dator där de analyseras i ett specialdesignat program "Lameness Locator". Systemet kräver data från minst 25 steg för att kunna analysera eventuella asymmetrier med signifikant resultat. Systemet klarar av att sända data på avstånd upp till drygt 100 m.



**Bild 5)** Bärbar dator för mottagning av datasignaler

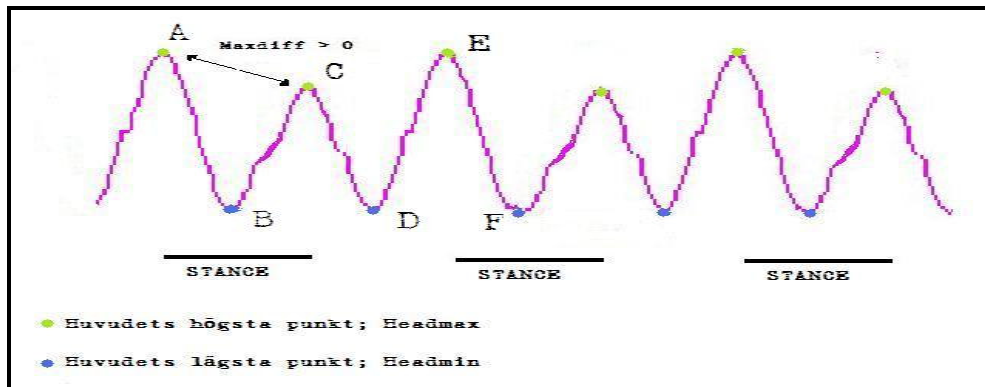
Programmet integrerar accelerometrarnas värde i två steg för att få huvudet och bäckenets vertikala positioner. Resultatet blir en sinuskurva som visar huvudets respektive bäckenets bifasiska rörelse och som med hjälp av gyrometern kan korreleras till olika tidpunkter i stegcykeln.

Nedan ses en sinuskurva hos en ohalt häst (Figur 1), där huvudets högsta och lägsta position är lika i varje steg. Det vill säga att differensen mellan huvudets två högsta punkter i ett steg är lika med noll. Detsamma gäller för huvudets två lägsta punkter. Eftersom gyrometer sitter på höger framben anger "STANCE" att höger framben är i marken och vänster framben således är i svängningsfas. Huvudpositionerna mellan varje "STANCE" i diagrammet sker alltså under högerbenets svängningsfas och därmed den period då vänsterbenet är i marken.



Figur 1) Illustration av sinuskurvan för huvudets acceleration

Hos en frambenshalt häst kommer huvudrörelsen att uppvisa asymmetri (Figur 2). Asymmetrin visar sig som differenser mellan huvudets två högsta punkter eller två lägsta punkter i varje steg. Höger respektive vänster frambens differenser utläses nedan som A-C, B-D, för höger fram respektive C-E samt D-F för vänster fram. Differensen blir negativ eller positiv beroende på vilken del i steget som är smärtutlösande.



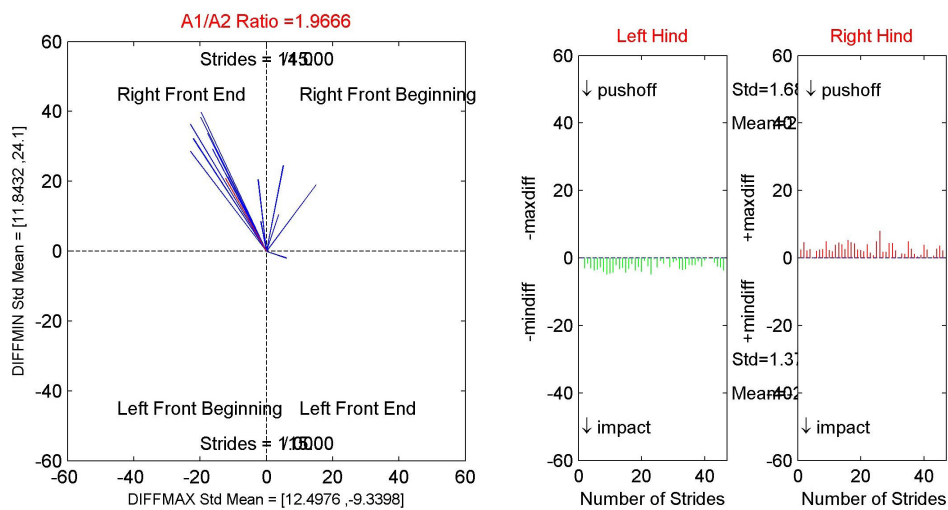
Figur 2) Illustration av sinuskurvan för huvudets acceleration hos en halt häst

För höger framben är diff-max positiv för "isättningshälsa" d.v.s hälsa som uppstår beroende på smärta vid isättningen av hoven (se ovan), medan diff-max blir negativ om smärtan uppstår vid s.k. avstampet. Tvärtom gäller för vänster frambenshälsa. Diff-min är alltid negativ för vänsterframbenshälsa och positiv för höger frambenshälsa. På samma sätt, eftersom gyrometern är fäst vid höger framben, blir diff-max positiv för avstampshälsa på höger bakben och negativ för isättningshälsa på samma ben och tvärtom för vänster bakben. Diff-min är positivt för höger bakbenshälsa och negativt för vänster bakbenshälsa.

Eftersom en asymmetri naturligt kan uppstå i varje steg beroende på att hästen kanske trampar snett, kompenserar för underlaget eller blir exalterad och ändrar sitt rörelsemönster, räknar programmet ut medeldifferensen för head-max respektive head-min för varje ben. Detsamma gäller för bäckenets rörelser och resultatet anges som head-diff respektive pelvis-diff. En signifikant frambenshälsa har en medeldifferens på +/- 6 mm och en signifikant bakbenshälsa har en medeldifferens på +/- 3 mm (Keegan, 2008). Utöver detta anger programmet standardavvikelsen för asymmetriernas avvikelse, vilket skall tolkas så att ett

värde på en hälsa, exempelvis diff-max 8.73 mm, gärna skall ligga ”utanför” standardavvikelsen eftersom den då med större säkerhet är en ”äkta” hälsa.

Eftersom sinusvärden även kan anges som kvoten mellan hypotenusan och motstående kateter kan asymmetrier i varje steg illustreras som en vektor i ett koordinatsystem där riktningar under x-axeln symboliserar asymmetrier som uppstår i vänster frambens rörelser, medan riktningar ovanför x-axeln handlar om höger framben (Figur 3). Var i förhållande till y-axeln som vektorn placeras beror på var i steget som asymmetrin uppstår. Ju större asymmetri desto mer ökar längden på vektorn. Detta ger en god överblick över var i hästens rörelser som flest asymmetrier uppstår. En ohalt häst har slumpmässiga små asymmetrier spridda över olika ben och olika faser, men återkommande asymmetrier på samma ben i samma fas indikerar hälsa. Bakbenschältona illustreras något annorlunda, men bygger på att asymmetrierna visas som positiva eller negativa amplituder.



Figur 3) Exempel på hur ett resultat illustreras i "Lameness Locator"

Systemet validerar även hältans storlek. Detta genom att dividera två komponenter i en stegcykel. Den ena, A1 är en vertikal rörelse som förekommer en gång per stegcykel och som därmed antas vara en hälsa, och den andra A2 är en bifasisk komponent som uppträder två gånger under en stegcykel och som därmed representerar det normala rörelsemönstret. Kvoten A1/A2 fås, t.ex. för en höger frambenshälsa, genom att beräkna längden av alla vektorer ovanför x-axeln genom den totala längden för alla asymmetrier i diagrammet. Gäller det en vänster frambenshälsa blir det den sammanlagda längden för alla vektorer under x-axeln, genom den totala längden för alla vektorer. För bakbenen beräknas samma värde genom att dividera amplituden för en ohalt rörelse med amplituden för den asymmetriska rörelsen. Resultatet ger i båda fall ett värde på graden av hälsa och anges i programmet som A1/A2. Detta räknas som signifikant hälsa om värdet är mer än +/- 0.5 för frambenen och +/- 0.17 för bakbenen (Kramer *et al.* 2004).

Eftersom systemet detekterar asymmetrier kommer till exempel dubbelsidiga hältor maskeras precis som vid en okulär utvärdering. På samma sätt kommer systemet att plocka upp kompensatoriska rörelsemönster, s.k. falska hältor, och presentera detta som avvikelser från det normala rörelsemönstret.

## 2) DATAINSAMLING

Tre olika pilotprojekt genomfördes för att utvärdera systemets kliniska användbarhet. Vid alla tillfällen utrustades hästen med sensorer såsom beskrivet ovan.

- 1) "Lameness Locator" som en del av en rutinmässig hältutredning. En 7-årig svensk halvblodsvalack, som besökte hästkliniken Uppsala för en hältutredning, utrustades med sensorer under sitt besök på klinken och resultatet jämfördes med den ansvarige veterinärens bedömningar.
- 2) "Lameness Locator's" användbarhet under fältmässiga förhållanden och en jämförelse av systemets analys av rörelsestörningar i låg respektive hög hastighet. Ett 3-årigt varmbloodssto med hältproblem utrustades med sensorer under en hältutredning. Systemets utvärdering jämfördes med den utredande veterinärens men även med analyser från samma häst under arbete framför sulky i hög hastighet.
- 3) "Lameness Locator's" förmåga att detektera asymmetrier hos travhästar i hög hastighet. Tre stycken varmbloodhästar (ett sto f 2001 samt två valacker f 2001 resp. 2003) i full tävlingskondition utrustades med fastskruvade fästen (20 g) på varje hov dit man kunde fästa vikter (80 g). Data från accelerometrarna samlades sedan i hög hastighet (uppskattat tävlingstempo) med en vikt fäst på respektive ben.

## RESULTAT

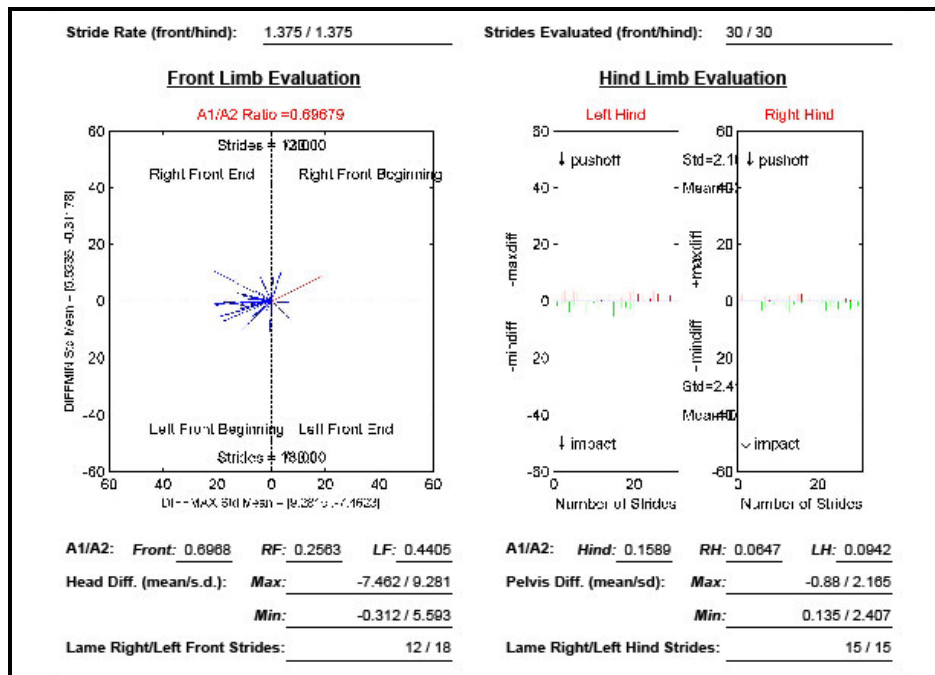
Sensorerna som används till systemet är lätta att fästa till hästen och kräver inte exakt positionering. All utrustning tar bara några minuter att rigga. Hästarna verkar inte heller påverkas av utrustningen.

Sändarna klarar av att vidareförmedla data m.h.a. blåandsteknik över avstånd upp till drygt 100 meter, men använder man sig av en liten bärbar dator som mottagare går det utmärkt att, med hjälp av till exempel en ryggsäck, låta denna enhet åka med "ombord" på en sulky. Detta ger dessutom stora volymer data som därför ger mycket säkra resultat när de analyseras.

Insamlad data analyseras och presenteras snabbt av systemet. Dock måste man vara uppmärksam på att systemet valt en representativ del av den insamlade data, när hästen travar regelbundet och start och stoppsträckor skall vara exkluderade. Om så inte är fallet eller om man av någon annan anledning vill ändra vilken del av stegintervallet som skall analyseras går detta att justera manuellt.

- 1) Besöket var ett återbesök för uppföljning av hältproblem av kronisk karaktär i vänster framben samt höger bakben och sannolikt även ryggproblem. Veterinärens bedömning av hälta gjordes i enlighet med skalan 0-5 grader, där 0 representerar en ohalt häst och 5 är en blockhälta, d.v.s. när hästen inte alls stödjer på benet.

Vid en initial hältkontroll, rakt ut i löpargången bedömdes hästen av undersökande veterinär som halt ½ grad vänster fram i trav, men i övrigt utan anmärkning. Nedan finns resultatet av samma undersökning m.h.a. "Lameness Locator" (Figur 4).



Figur 4) Trav i löpargången

Programmet visade en mild hälta vänster fram, som storleksmässigt var under signifikanta värden, A1/A2 0.44 (ref:  $> \pm 0.5$ ) men som uppvisade asymmetri vid isättning av vänster fram med värden som översteg referensvärdet, -7.46 mm (ref:  $> \pm 6$  mm) men låg inom standardavvikelsen.

Hästen kontrollerades även vid longering på volt med grusunderlag, i båda varven. Här bedömde veterinären att hästen uppvisade 1-gradig hälta på ytter framben i respektive varv. Nedan följer resultatet från "Lameness Locator" (Figur 5).

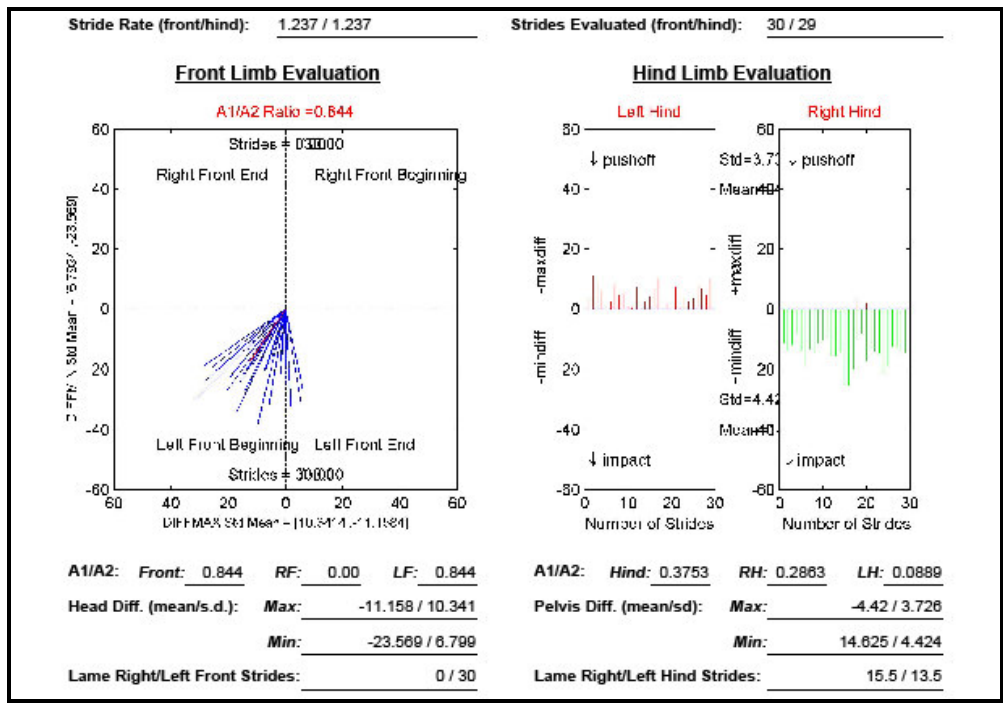


Figure 5) Longering höger varv

Vid longering i höger varv visade programmet en tydlig hälsa vänster fram (Figur 5), med höga värden för både A1/A2 samt head-diff-värdena som indikerade en "isättningshälsa" och dessutom låg utanför standardavvikelsen. Här angav också systemet en mild men signifikant bakbenshälsa; A1/A2 för höger bak på 0.286 (ref > ± 0.17) samt pelvis-diff med signifikans på min-diff-värdet; 14.625 mm (ref: > ± 3 mm), utanför standardavvikelsen. Hältan var en "isättningshälsa".

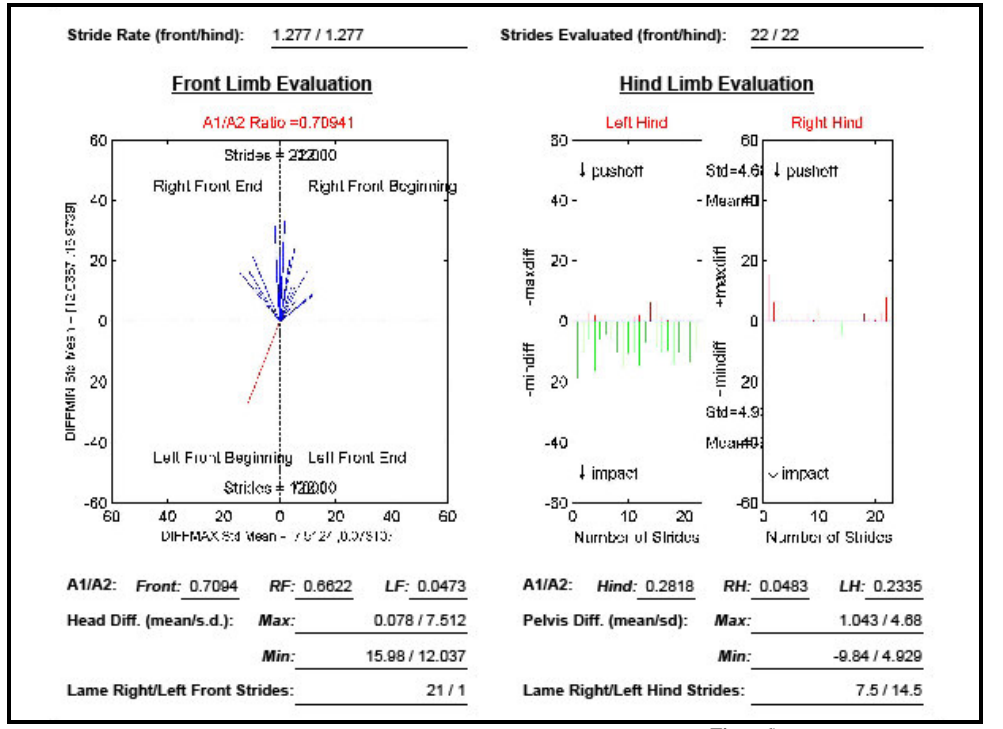
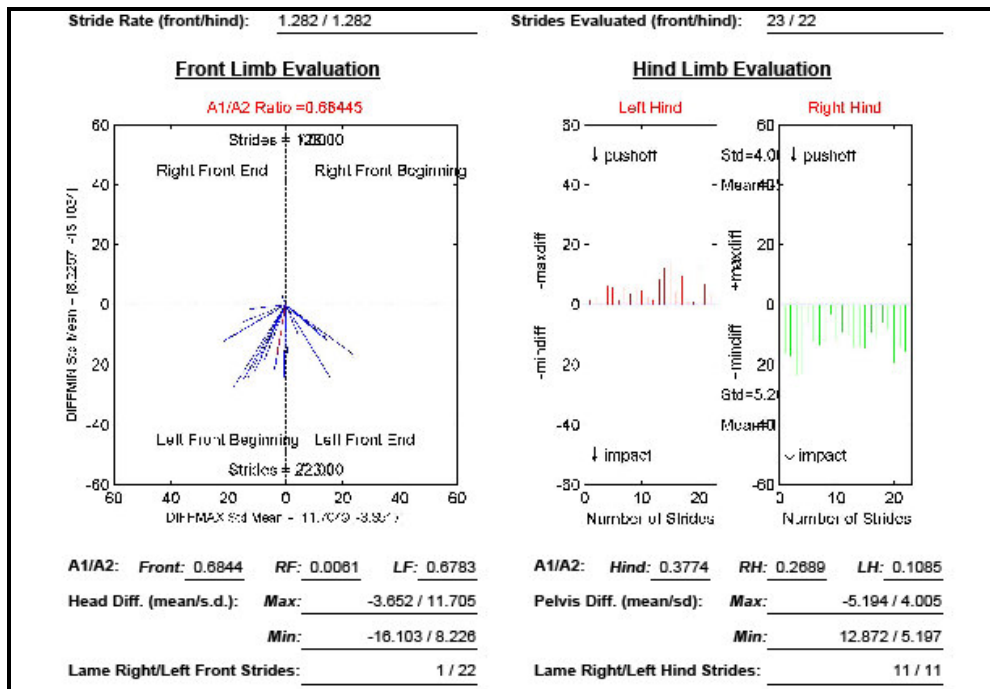


Figure 6) Longering vänster varv

Vid longering i vänster varv (Figur 6) uppstod en hälta på höger fram, under belastningsfasen, som var något mindre än motsvarande vänster frambenshälta men med signifikanta värden. Även här sågs en kontralateral bakbenshälta, något som skiljde systemets analys från veterinärens som inte bedömde hästen som bakbenshalt i något varv.

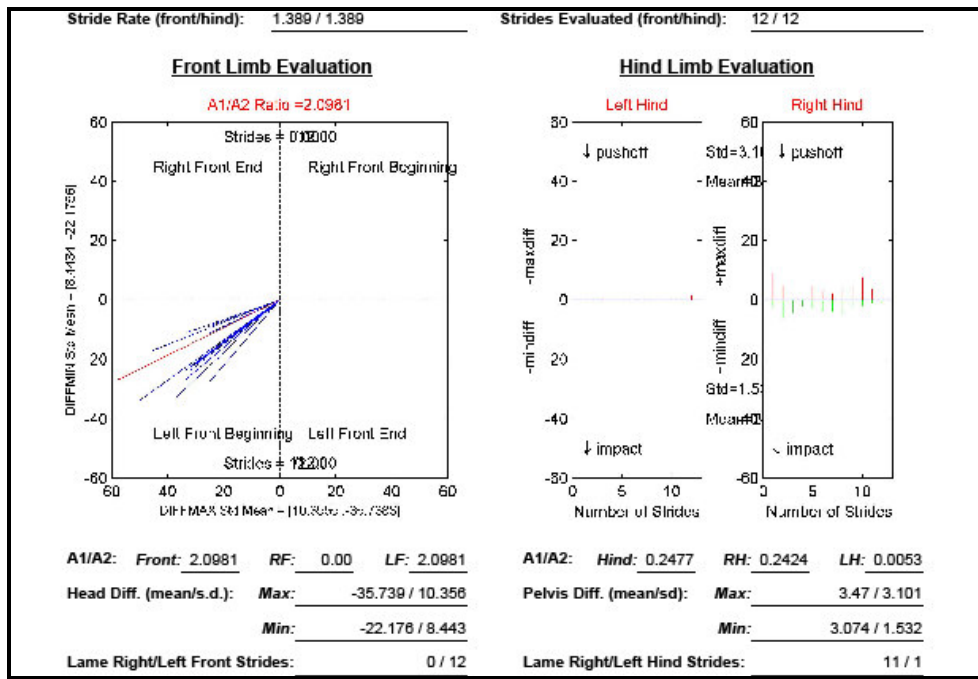
En ordinär bedövning lades på vänster framben (ca. 3 ml Carbocain deponeras subcutant över de mediala och laterala nervgrenar som innerverar hoven från kotan och nedåt). Efter detta longerades hästen igen. Veterinären bedömde nu hästen som ohalt rakt ut, men fortfarande ½ grad halt vänster fram på volt. Resultatet från bedömningen på volt ses nedan (Figur 7).



Figur 7) Longering höger varv, ordinär bedövning VF

Hältan på vänster framben i höger varv blev avsevärt mindre. A1/A2- värdet minskade från 0.844 till 0.678, min-diff gick från -23.6 mm till -16.1 mm och max-diff sjönk från -11.16 mm till -3.65 mm. Maxdiffen låg nu dessutom inom standardavvikelsen. Bakbensheltan förändrades dock inte nämnvärt.

Det gjordes en låg böjprovokation (extrem flexion av de 3 nedre falanglederna under ca 1 minut) av vänster framben varpå hästen travades i gången (Figur 8). Veterinären bedömde att hästen reagerade med smärta under böjprovokationen och att den senare blev 2 grader halt när den sprang rakt ut.

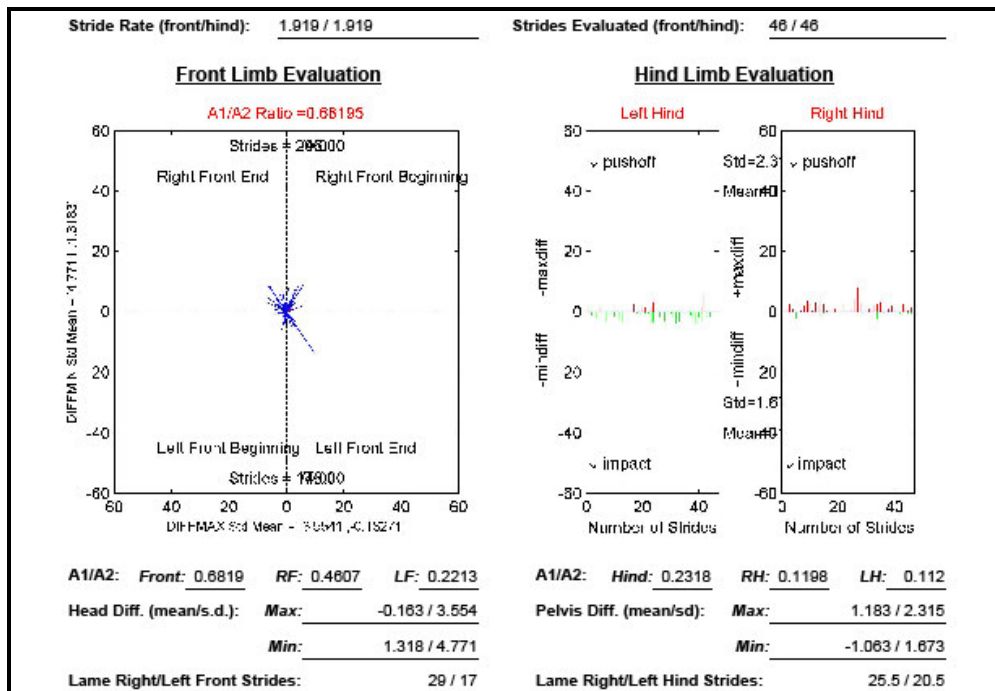


Figur 8) Lågt böjprov V F

När falangerna på vänster framben provocerades blev hästen kraftigt halt på det benet (Figur 8). Både A1/A2-värdet och head-diff-värderna indikerade en kraftig asymmetri och låg långt utanför standardavvikelsen. Nämnas bör att endast 12 steg analyserades eftersom hästens respons var så kraftig. Att analysera responsen av böjprovokationer har även en begränsad funktion eftersom resultatet presenteras som medeldifferens och därmed påverkas mycket av om hältan avtar under tiden som data samlas in.

En ledanestesi lades i kotleden på vänster framben (6 ml Carbocain deponerades intraartikulärt) och efter detta bedömdes hästen som ohalt även på volt. Utvärderar man "Lameness Locator's" resultat visar detta att bedövningen släckte frambenshältan och de asymmetrier som fanns kvar var inte signifikanta. Även den högra bakbenshältan försvann, vilket indikerar att denna asymmetri var kompensatorisk och ingen äkta hälta. (Figur 9)



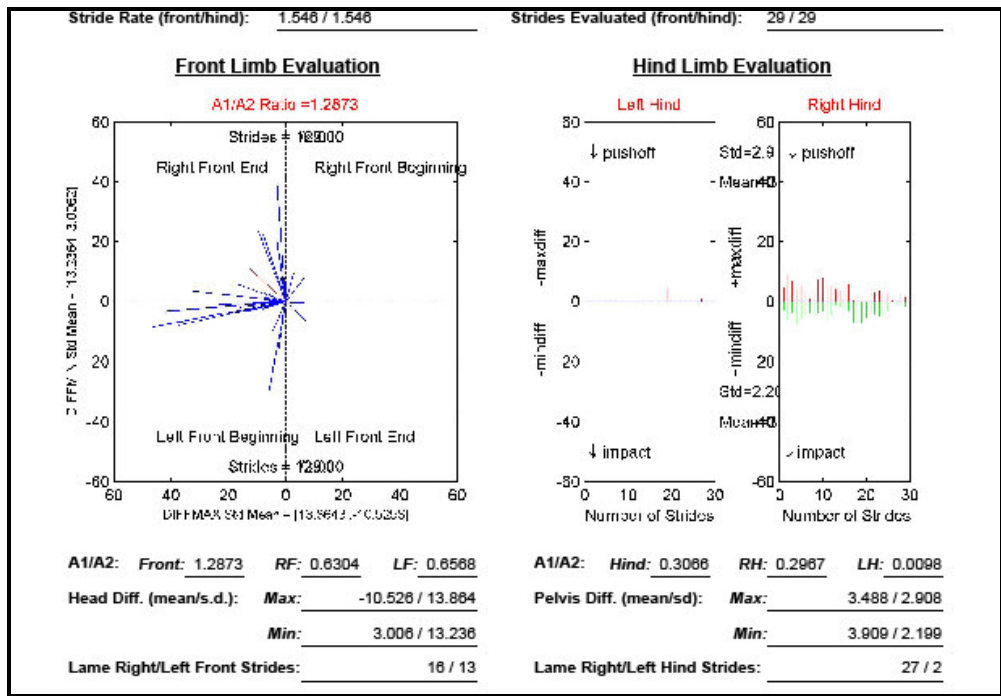


Figur 9) Longering höger varv, bedövad kota VF

Eftersom hästen hade tidigare problem vänster fram koncentrerade sig utredningen på detta problem, och den högra frambenshältan som visade sig på volt utvärderades inte vidare. Behandling gjordes i kotleden på vänster framben samt i hovleden på samma ben. Behandling gjordes även i sacroiliaca-lederna.

- Häلتutredningen gjordes i fält i anknytning till en travbana som användes för att jämföra hästens resultat i "Lameness Locator" i hög och låg hastighet. Patienten var ett 3-årigt varmblodssto som var i träning men som uppfattades "gå ojämnt bak".

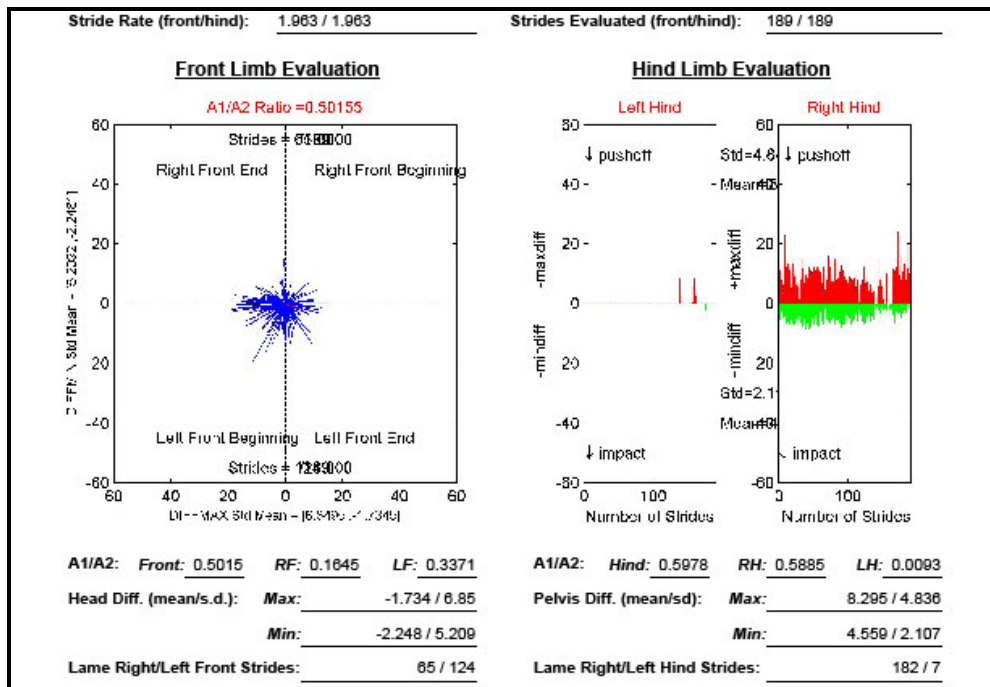
Veterinären bedömde hästen initialt, när den travades för hand, som 1 grad halt på höger bakben, att den sprang snett och placerade höger bakben inunder sig. Resultatet för samma stegfrekvens ses nedan (Figur 10).



Figur 10) Trav för hand

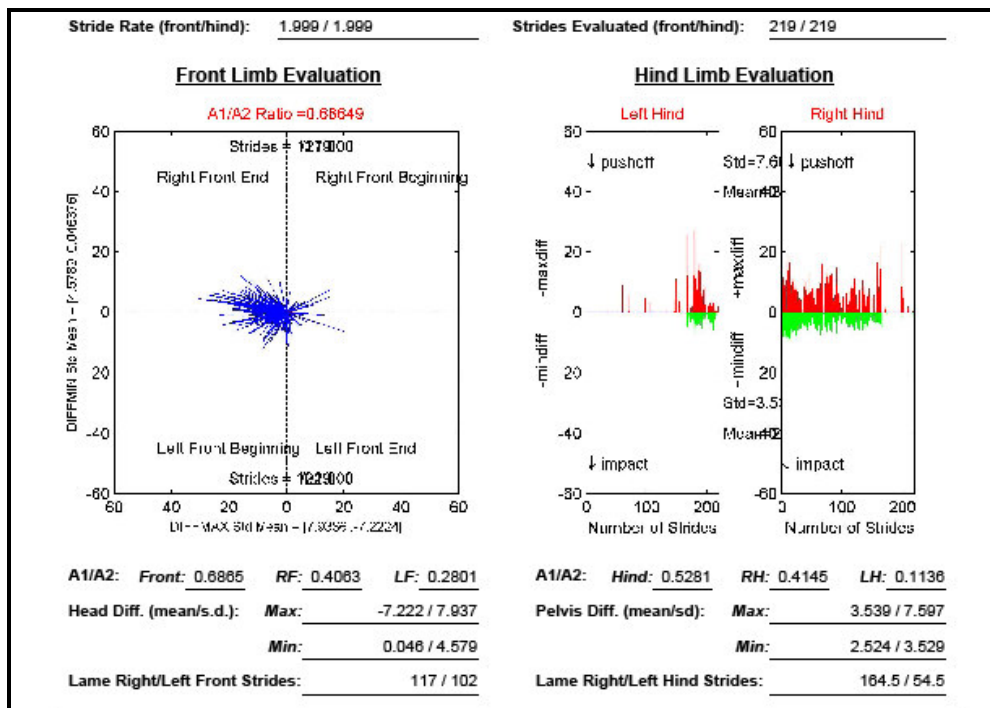
Vid undersökningen i trav för hand visar resultatet en något otydlig bild (Figur 10). Både höger framben och vänster framben visar signifikanta håltvärden för A1/A2 ( $> 0,5$ ), men eftersom diff-min är positiv få man utläsa det som en höger frambenshälta. Dock finns det många stora asymmetrier vänster fram om man tittar på diagrammet, vilket bör noteras. I denna undersökning finns även en mild bakhenshälta höger bak (pelvis-diff  $> \pm 3$  mm).

När hästen körs med sulky (Figur 11) uppvisar den jämt fördelade frambensasymmetrier i enlighet med vad som kan förväntas hos en ohalt häst. Här kommer dock bakhenshälta fram mycket tydligare med större A1/A2-värde, vilket indikerar att håltan här är av större grad än innan, samt större pelvis-diff-värden som båda ligger utanför standardavvikelsen.



Figur 11) Arbete på bana

En ryggbedövning av tre facettleder på var sida i ländryggen lades (infiltration av totalt 8 ml Carbocain per injektionsställe) och därefter utvärderades hästen igen. Veterinären bedömde den dock fortfarande som oförändrat höger bakhalt. Resultatet av arbete på bana ses nedan (Figur 12).

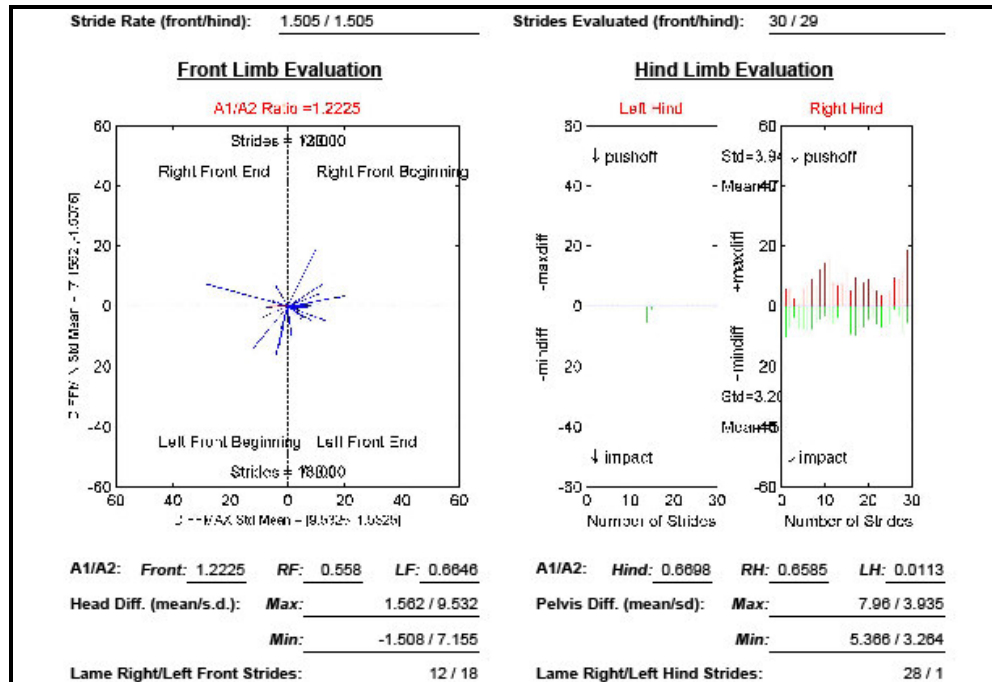


Figur 12) Arbete på bana, ryggbedövning

Höger bakhenshåltan fanns kvar om man utgår från A1/A2 värdet men var bara signifikant vad gäller max-diff-värdena (Figur 12). Det fanns en tendens till att en

höger frambenshåltan visade sig men endast max-diff var signifikant och låg inte utanför standardavvikelsen.

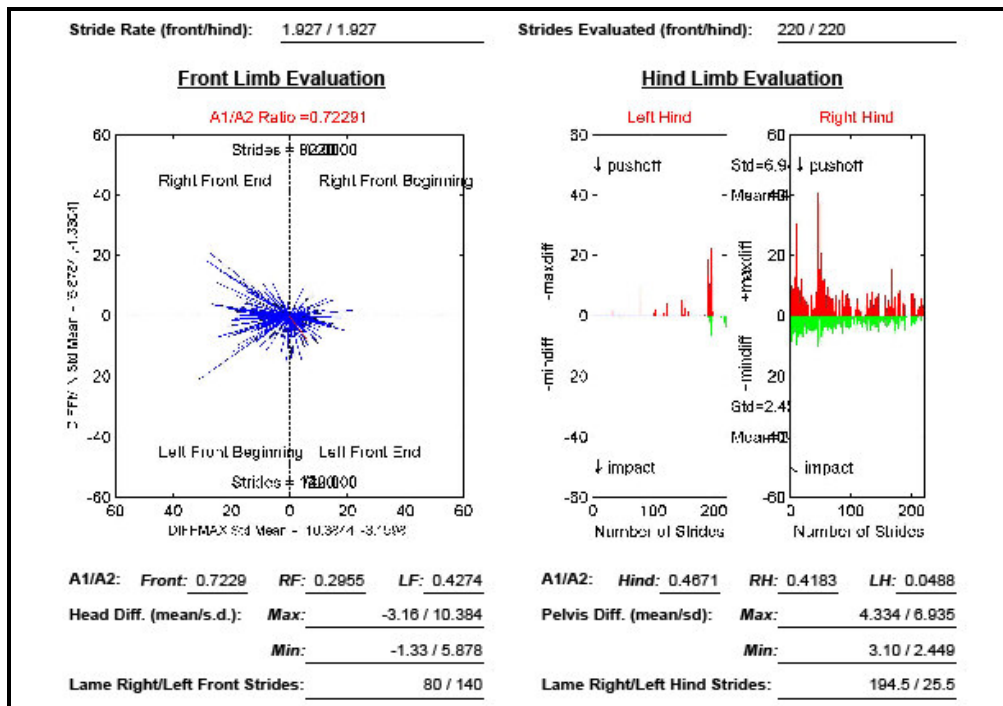
Nu gick man vidare med en bedövning av mediala knäleden på höger bakben (intraartikulär injektion med 20 ml Carbocain). Hästen utvärderades sedan i trav för hand. Den behandlande veterinären bedömde nu hästen 1 ½ grad halt på höger bakben.



Figur 13) Trav för hand, ryggbedövning samt knäbedövning HB

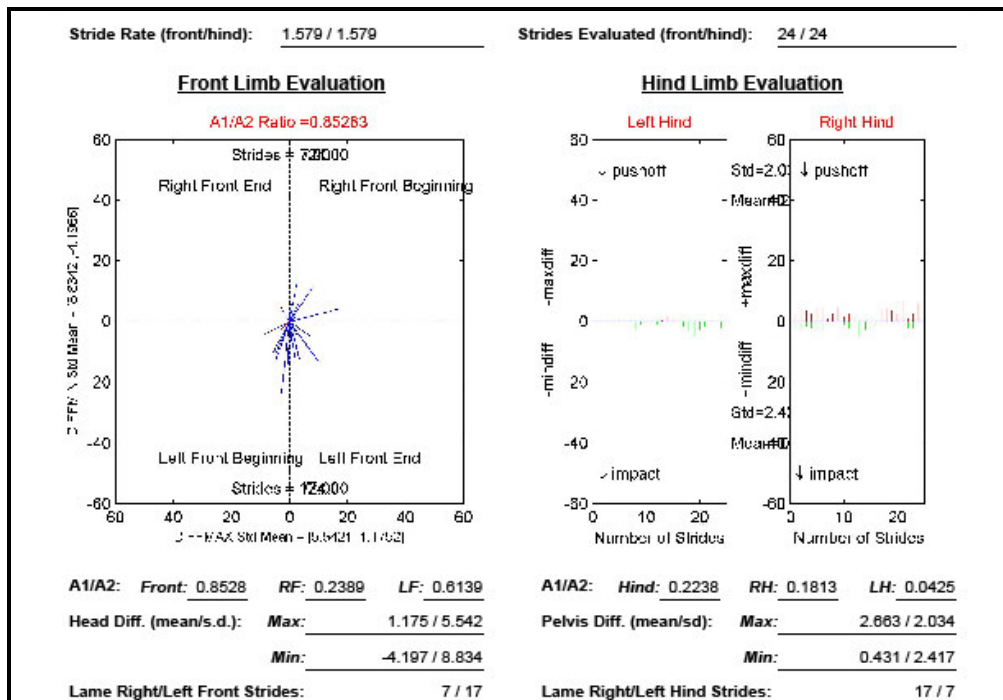
Rakt ut finns asymmetriska steg både för vänster och höger fram men inget av dem förekommer tillräckligt ofta för att ge signifikanta utslag på head-diff värdena. Bakbenshåltan är något tydligare, både vad gäller A1/A2-värdet samt pelvis-diff-värdena (Figur 13).

När hästen kommer framför sulkyn (Figur 14) är håltan i stort sett oförändrad i jämförelse med före knäbedövningen, dock ligger nu alla värden över referensvärdena för en höger bakbenshåltan. Frambenen bedöms som ohalta.



Figur 14) Arbete på bana, ryggbedövning samt knäbedövning HB

Nu lades en ledanestesi i höger bakbens kotled (intraartikulär injektion med 6 ml Carbocain), varpå hästen travades för hand igen. Hästen bedömdes nu som ohalt av veterinären.



Figur 15) Trav för hand, ryggbedövning, knäbedövning samt kotled HB

Nu är höger bakbenshältan släckt och alla värden är inom gränserna för normalt (Figur 15). Även tendensen till höger frambenshälsa har försvunnit och får således ses som en kompensatorisk rörelseförändring som hängde ihop med

bakbenschältan. Nu finns istället en indikation på vänsterframbenshälta. A1/A2-värdet är strax ovanför gränsen till signifikans, men head-diff-värdena är normala.

Hästen behandlades i kotleden höger bak, samt facettlederna som behandlats i samband med bedövningen.

3) Alla hästar (nedan nämnda som häst 1, H1, häst 2, H2 osv) som ingick i försöket upplevdes som problemfria och var i full tävlingskondition. Fästen för vikten, som senare användes för att inducera asymmetri, skruvades fast på dorsalsidan av alla hovar. Då den extra vikten av fästet var lika för alla hovar räknades detta som "utan vikt" i försöken och 80 gram var därför den extra vikt som sedan alternerades mellan alla ben under försöken. Två noll-viktsrundor gjordes i varje försök, som första och som sista registrering. Dock samlades inga data under "H3:s" första nollrunda p.g.a. tekniska problem. Hastigheten mättes med tidtagarur under en sträcka på 100 m i varje försök.

Nedan följer en sammanställning av "Lameness Locator's" resultat för respektive häst. A1/A2-värdet anges under respektive ben; HF – höger fram, VF – vänster fram, HB – höger bak, VB – vänster bak. "Min" och "Max" är pelvis-diff-värden respektive head-diff-värden. Fet stil markerar värden som är signifikanta för hälta.

#### **H1**

Trial	HF	VF	MAX	MIN	HB	VB	MAX	MIN	hastighet
utan vikt	0,40	0,32	<b>-7,10</b>	-0,40	0,02	<b>0,33</b>	<b>-5,10</b>	-0,90	6,25 m/s
VF 80 g	0,20	0,48	<b>-6,00</b>	-3,60	0,01	<b>0,33</b>	<b>-4,90</b>	-1,30	6,4 m/s
HF 80 g	0,30	0,42	<b>7,50</b>	-1,90	0,01	<b>0,36</b>	<b>-3,90</b>	<b>-3,30</b>	6,7 m/s
VB 80 g	0,12	0,46	-4,00	-3,70	0,00	<b>0,51</b>	<b>-7,80</b>	-2,40	6,5 m/s
HB 80 g	0,32	0,36	<b>-7,50</b>	-0,90	0,03	<b>0,35</b>	<b>-3,60</b>	-2,50	6,3 m/s
utan vikt	0,22	0,44	<b>-6,40</b>	1,60	0,02	<b>0,38</b>	<b>-5,10</b>	-1,60	6,4 m/s
medelhastighet									6,4 m/s

"H1" har en asymmetri i frambenen som härrör från vänster fram för alla försök utom sista, eftersom diff-min är negativ. Dock är inga av dessa asymmetrier signifikanta om man tittar på hältans storlek d.v.s. A1/A2-värdena. Detta kan tolkas som att vänster framhälta skulle kunna vara en isilateral kompensatorisk asymmetri eftersom hästen uppvisar en tydligare vänster bakbenschälta. Denna hälta förvärras signifikant när viktens fästs på vänster bakben.

## H2

Trial	HF	VF	MAX	MIN	HB	VB	MAX	MIN	hastighet
utan vikt	<b>0,60</b>	0,08	-0,40	3,40	<b>0,41</b>	0,00	<b>6,80</b>	2,10	6,6 m/s
VF 80 g	<b>0,70</b>	0,09	1,60	5,10	<b>0,45</b>	0,00	<b>7,20</b>	2,40	6,5 m/s
HF 80 g	<b>0,62</b>	0,10	2,07	3,92	<b>0,50</b>	0,00	<b>8,10</b>	2,50	6,4 m/s
VB 80 g	<b>0,77</b>	0,01	3,77	<b>7,60</b>	<b>0,63</b>	0,01	<b>11,03</b>	2,20	6,4 m/s
HB 80 g	<b>0,83</b>	0,04	4,48	<b>7,79</b>	<b>0,69</b>	0,01	<b>11,81</b>	1,91	6,5 m/s
utan vikt	<b>0,98</b>	0,04	5,20	<b>9,30</b>	<b>0,78</b>	0,01	<b>13,44</b>	1,80	6,4 m/s
medelhastighet									6,5 m/s

“H2” har en höger frambenshäla som till en början inte ger några signifikanta utslag på head-diff-värdena. Denna häla kan misstänkas vara en ipsilateral kompensationshäla eftersom hästen också uppvisar en signifikant höger bakhäla. Bakbenshälan förvärras signifikant, i jämförelse med hältgraden vid försökets början, av att få en vikt på höger bakben. Denna slutsats kan dock ifrågasättas eftersom hältan tenderar att bli värre med tiden oavsett vilken ben vikten är fäst till.

## H3

Trial	HF	VF	MAX	MIN	HB	VB	MAX	MIN	hastighet
utan vikt	x	x	x	x	x	x	x	x	6,5
VF 80 g	<b>0,89</b>	0,08	-4,70	<b>7,70</b>	<b>0,22</b>	<b>0,19</b>	<b>-3,00</b>	<b>3,70</b>	6,4
HF 80 g	<b>0,94</b>	0,00	1,60	<b>9,90</b>	0,14	<b>0,46</b>	<b>-8,90</b>	2,90	6,4
VB 80 g	<b>1,20</b>	0,03	-3,20	<b>10,70</b>	<b>0,21</b>	<b>0,49</b>	<b>-9,90</b>	<b>4,10</b>	6,4
HB 80 g	<b>1,30</b>	0,00	<b>-7,00</b>	<b>12,10</b>	<b>0,19</b>	<b>0,22</b>	<b>-4,50</b>	<b>3,70</b>	6,5
0 Fast	<b>1,30</b>	0,00	-4,50	<b>12,80</b>	0,16	<b>0,46</b>	<b>-9,50</b>	<b>3,40</b>	6,6
medelhastighet									6,5

”H3” visar en höger frambenshäla som blir värre med tiden. Det finns också en signifikant vänster bakhenshäla som skulle kunna vara en kontralateral kompensatorisk asymmetri, men tenderar till att vara väl kraftig. Dock förvärras

vänster bakhältan signifikant inte bara när vikten fästs till vänster bak utan även när vikten fästs på höger fram vilket visar på en kontralateral påverkan.



## DISKUSSION

“Lameness Locator” överrensstämmer väl med utredande veterinärs bedömningar och utvärderar också rörelsestörningar på lika grunder. D.v.s. hältor valideras genom att utvärdera huvud och bäckenasymmetrier och deras storlek. P.g.a. detta finns det flera saker som en klinikveterinär måste ta hänsyn till i sitt användande av ”Lameness Locator”.

Felaktigheter som kan ge utslag som ”falska hältor” kan uppstå om t.ex. en uppspelt häst svänger mycket med huvudet under en mätning, vilket orsakar asymmetrier som om de är tillräckligt många bedöms av systemet som häلتa med signifikanta värden. Man måste därför vara uppmärksam på hästens rörelser vid insamling av data och upprepa mätningen om hästen bedöms röra sig på ett sätt som inte är representativt.

Utrustningen skall enligt utsago behöva 25 steg för att med säkerhet kunna bedöma eventuell häلتa hos häst, dock ökar sannolikt säkerheten och en häلتa kvantifieras på ett tydligare sätt ju fler steg man har möjlighet att samla. En möjlighet att samla stora mängder data är att låta systemet åka ”ombord” på en sulky för att monitorera hästar i arbete. Att detta fungerar bra visar sig i försök 2) där hästen i flera omgångar arbetar med utrustningen på bana utan tekniska problem och där resultatet från ”Lameness Locator” överrensstämmer vad gäller vilket ben som bedöms vara det halta men med något annorlunda värden mellan undersökningar för hand och framför sulky. Denna jämförelse är gjord under antagandet att hästens häلتa inte förändras när den arbetas framför sulky. Hänsyn måste naturligtvis tas till kuskens eventuella inverkan på hästen och underlagets karaktär. Det är också rimligt att anta att det under en längre stegfrekvens uppstår flera asymmetrier som har andra ursprung än en eventuell häلتa, detta borde i så fall ge upphov till högre standardavvikelse vilket är fallet i försök 2).

Objektiva system, med fasta referensvärden, utgör alltid en risk för felbedömningar om användaren inte är insatt i eller tar hänsyn till felkällor eller individuella variationer. ”Lameness Locator” är ett utmärkt komplement till traditionellt utförd häلتadiagnostik, men det finns absolut en fara för både över och underdiagnosticering av häلتor om man strikt förlitar sig på sifferresultatet och inte kompletterar med den kliniska bilden.

Ett högt A1/A2 värde talar till exempel om att det finns en asymmetri som är relativt grav. Om det dock inte samtidigt finns signifikanta max eller min-diff-värden signalerar detta att asymmetrin inte är konsekvent och då kanske inte A1/A2-utslaget skall värderas lika högt. Likaså är höga max/min-diff värden inte heller lika diagnostiskt värdefulla om de ligger inom standardavvikelsen, det talar bara om att vi har en stegsekvens där olika asymmetrier förekommer i hög grad. Förutom detta kanske även värden som ligger under signifikant nivå skall tas i beaktande hos vissa individer, beroende på att man kanske har en bakgrund för just denna individ där man vet att asymmetrin inte funnits där förut eller att resultatet kan kopplas till ett kliniskt problem.

Att dubbelsidiga häلتor kan maskeras eller att rörelsestörningar på ett ben kan uppstå som kompensatoriska svar på ett annat bens häلتa är också viktigt att vara medveten om då man tolkar systemets resultat. I försöken ovan finns exempel på

hältor som försvinner när man lägger bedövning på ett kontralateralt respektive ipsilateralt ben (försök 1 och 2). Detta fenomen är ju något som spelar in även i en veterinärs subjektiva bedömning av hältor men i Lameness Locator's resultatpresentation framträder de ofta mycket tydligt och kan därför orsaka felbedömningar. Risken för att man helt skulle felbehandla ett ben p.g.a. en kompensations-hälta är liten, eftersom systemet naturligtvis skall användas i samband med diagnostiska anestesier vilka i dylika fall inte kommer att släcka den falska hältan. Men för att minska onödiga injektioner och få en korrekt diagnos snabbt bör den användande klinikern vara väl insatt i ovanstående fenomen.

Det finns också orsak att tolka resultat från analyser gjorda på böjt spår med viss försiktighet. På volt kommer framför allt hästens bäcken att få en viss lutning inåt mitten. Detta gör att det inre bakbenet kommer ha en kortare väg till marken och bäckenet kommer troligtvis p.g.a. detta uppvisa en asymmetri som skulle kunna tolkas som en hälta av systemet. I försök 1) uppvisar hästen enligt "Lameness Locator" bakbenshältor på det inre benet i respektive varv som inte uppfattas av veterinären. Detta skulle kunna vara kompensatoriska hältor eftersom hästen uppvisar hälta på ytter framben i båda varven, men asymmetrin skulle kunna vara ett resultat av hur hästens rörelse påverkas på böjt spår. I detta fall kan det diskuteras om höger bakbenshältan är ett resultat av båda ovan nämnda fenomen eftersom hästen bedöms ha ett hältproblem vänster fram samt att den högra bakbenshältan enligt systemet är något grövre än den vänstra bakbenshältan. Detta är dock marginellt. Senare i försöket släcker dock en bedövning av vänster framkorta hältutslaget även från höger bak på böjt spår. Detta tyder på att denna asymmetri skulle vara resultatet av en kompensatorisk viktomfördelning, men en viss asymmetripåverkan p.g.a. arbetet på böjt spår borde kvarstå om denna teori stämmer. Systemet är endast validerat på rakt spår, och ytterligare försök med hur resultaten påverkas av böjt spår skulle vara av stort värde.

I försöken med vikter är en viktig felkälla att ingen av hästarna var helt ohalt trots att de valdes ut på grunder som att de skulle vara problemfria och i full träning. Försöken i sig ger därför inte några signifikanta svar på frågan om Lameness Locator kan detektera vikt inducerade asymmetrier men ger indikationer på att vikten påverkar ett ben som redan har en hälta.

Alla tre hästarna i viktöversöket hade någon form av bakbenshälta. Samtliga dessa hältor blir signifikant värre relaterat till ursprungshältan om man fäster en vikt på det halta bakbenet. "H2:s" resultat i detta sammanhang kan dock ifrågasättas eftersom hästens höger bakhälta har en tendens att bli värre genom hela dataserien oavsett viktplacering. Detta gäller även för stoets höger framhälta, och det skulle kunna indikera en ipsilateral hälta med det ursprungliga problemet i höger bakben, särskilt eftersom höger framhälta sällan ger utslag på alla parametrar. Detta skulle dock behöva bekräftas genom diagnostiska anestesier.

I försöken i denna studie håller travhästarna en mycket jämn hastighet igenom de olika viktrundorna och de förändringarna som systemet detekterar är således viktrelaterade. För två hästar av tre i detta försök kan det alltså med säkerhet fastslås att ett redan halt bakben uppvisar en större asymmetri om man fäster en vikt till det. Troligtvis är hastighet också en avgörande faktor för att vikter i den här storleken (80 g) skall ge utslag. De ingående försökshästarna håller alla en

liknande hastighet (mellan 6 och 7 m/s) och därför kan man inte dra några slutsatser om att exempelvis en högre hastighet ger större viktpåverkan eller att en lägre hastighet skulle göra att vikten inte inverkar på hästens rörelsemönster i lika hög grad. Det är dock troligt är så skulle vara fallet.

Intressant är också att i ett av försöken (H3) blir vänster bakbenhälta signifikant värre även när man placerar vikten kontralateralt d.v.s. på höger framben. Detta syns dock inte hos de övriga hästarna och skulle kunna förklaras med att H3 redan har en höger framhälta som eventuellt kan förstärka påverkan på det kontralaterala benet. Noteras bör också att gyrometern är fäst på höger framben och dess vikt på 38 gram adderas ytterligare till den påskruvade vikten, vilket också skulle kunna förklara varför vi får ett tydligare genomslag vad gäller påverkan här. Kanske är vänster bakbenhälta helt och hållet en kompensatorisk rörelseasymmetri till den högra frambenshälta. Detta skulle dock behöva konfirmeras m.h.a. diagnostiska anestasier.

För att vidare bekräfta viktinducerade asymmetriers utslag i "Lameness Locator" skulle det vara intressant att göra försök på en större grupp hästar som plockats ut genom att uppvisa ett "ohalt" resultat i "Lameness Locator" och samtidigt bedömts ohalt av en veterinär. Detta skulle kunna ge svar på om asymmetrier naturligt uppstår hos travhästar i hög hastighet samt vilken hastighet eller storlek på vikt som påverkar hästens rörelsemönster.

## **KONKLUSION**

Det accelerometerbaserade hältedetektionssystemet "Lameness Locator" är ett användarvänligt system som lätt kan appliceras i klinisk hältutredningsverksamhet, såväl i en löpargång som under mer fältmässiga förhållanden som t.ex. en travbana. Utrustningen är enkel att hantera och går snabbt att applicera på hästen. Datainsamlingen och bearbetning av densamma utförs i realtid under en standardiserad hältutredning och kräver endast en kort introduktion för att kunna användas. Resultatet presenteras översiktligt både visuellt i ett koordinatsystem och som sifferresultat. Systemet rymmer få felkällor vad gäller datainsamling då sensorerna kan placeras med relativt vid marginal från den rekommenderade punkten utan att resultatet påverkas samt att det representativa rörelsemönstret som krävs sammanfaller med vad en kliniker normalt behöver för att korrekt kunna bedöma hästen.

Däremot krävs en viss kunskap om hästars kompensatoriska rörelsemönster vid hälta för att kunna särskilja "äkta" hältor från kompensatoriska viktfördelningar då systemet presenterar båda fenomenen som asymmetrier utan särskiljning. Flera andra orsaker till asymmetrier måste också tas i beaktande av utredande kliniker och eventuella felkällor från systemet vad gäller arbete på böjt spår återstår att undersöka.

En annan risk vid användandet av "Lameness Locator" är att användaren tolkar resultatet för snävt i förhållande till referensvärdena. Eftersom systemet anger hälta i två olika dimensioner, storlek och hur konsekvent den uppstår, samt att det anges en standardavvikelse för det senare måttet bör resultaten tolkas dynamiskt för att minska risken för under- eller överdiagnosticering av hälta.

Baserat på denna studie skulle systemet "Lameness Locator" kunna integreras som ett objektivi komplement till det dagliga hältutredningsarbetet på en klinik. Detta skulle kunna fungera som ett stöd för den egna bedömningen, t.ex. för att få bekräftelse på att en asymmetri som man kanske endast uppfattar ibland verkligen finns där och i vilken utsträckning. Det finns också ett värde i att få ett objektivi mått på hästens hälta som kan jämföras inte bara mellan bedömande veterinärer utan också mellan individer och över tid. Vilket skulle vara ett värdefullt journalkomplement vid t.ex. återbesök eller remittering till annan veterinär.

Systemets resultat kan dessutom fungera som en tydlig illustration för djurägare över hästens problem och hur det förändrar sig i olika situationer och efter eventuella diagnostiska bedövningar.

"Lameness Locator" skulle även kunna användas av lekmän för monitorering av hästar i träning. Detta skulle fungera utmärkt inom travsporten eftersom det relativt enkelt går att samla stora mängder data och detta med stor säkerhet kan detektera konsekventa asymmetrier trots att de är mycket små och kanske svåra att bedöma okulärt i t.ex. hög hastighet. En travtränare skulle kunna samla data från hästar under träningssäsongen t.ex. en gång i veckan eller efter "snabbjobb". Resultaten skulle sedan kunna utvärderas i samråd med veterinär och förändringar i hästens monitorerade rörelsemönster, eller nytillkomna asymmetrier skulle kunna följas upp och valideras kliniskt.

## LITTERATURFÖRTECKNING

Audigié F. *et al.* (2002). Fourier analysis of trunk displacements: a method to identify the lame limb in trotting horses. *Journal of Biomechanics* 35: 1173-1182.

Buchner *et al.* (2001) Body centre of mass movement in the lame horse. *Equine Vet J Suppl.* 2001 Apr;(33):122-7.

Keegan K. *et al.* (1998) evaluation of mild lameness in horses trotting on a treadmill by clinicians and interns or residents and correlation of their assessments with kinematic gait analysis, *American Journal of Veterinary Research* 59, 1370-7

Keegan K. *et al.* (2004) Evaluation of a sensor-based system of motion analysis for detection and quantification of forelimb and hind limb lameness in horses. *American Journal of Veterinary Research* 65 (5): 665-70.

Keegan K, (2008) Personal reference based on not yet published studies

Kelmer G. *et al.* (2005) Computer-assisted kinematic evaluation of induced compensatory movements resembling lameness in horses trotting on a treadmill. *American Journal of Veterinary research* 66(4):646-55.

Kramer *et al.* (2004) Objective determination of pelvic movement during hind limb lameness by use of a signal decomposition method and pelvic height differences. *American Journal of Veterinary Research* 65(6):741-7.

Weishaupt M. *et al.* (2002) Instrumented treadmill for measuring vertical ground reaction forces in horses. *American Journal of Veterinary Reserch* 63(4):520-7.