



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

**Fakulteten för veterinärmedicin
och husdjursvetenskap**
Institutionen för kliniska vetenskaper

Kompensatoriska hältmekanismer hos kliniskt halta hästar

Emma Persson Sjödin

*Uppsala
2015*

Examensarbete 30 hp inom veterinärprogrammet

*ISSN 1652-8697
Examensarbete 2015:49*

Kompensatoriska hältmekanismer hos kliniskt halta hästar

Compensatory movements in clinically lame horses

Emma Persson Sjödin

Handledare: Karin Holm Forsström, institutionen för kliniska vetenskaper

Biträdande handledare: Marie Rhodin, institutionen för kliniska vetenskaper

Examinator: Pia Haubro Andersen, institutionen för kliniska vetenskaper

Examensarbete i veterinärmedicin

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: Avancerad nivå, A2E

Kurskod: EX0736

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2015

Delnummer i serie: Examensarbete 2015:49

ISSN: 1652-8697

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: kompensatorisk hälta, kompensatoriska hältmekanismer, hälta, lameness locator, hästar

Key words: compensatory movements, lameness, lameness locator, horses

Sveriges lantbruksuniversitet

Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institutionen för kliniska vetenskaper

SAMMANFATTNING

Detta examensarbete är en pilotstudie vars syfte var att med hjälp av det objektiva mätsystemet Lameness Locator studera om kompensatoriska hältmekanismer förekommer hos kliniskt halta hästar. Tidigare studier har visat att en inducerad hälta på ett av hästens ben kan resultera i asymmetriska rörelsemönster, så kallad kompensatorisk hälta, även på andra ben. Dessa kompensatoriska hältor är ej smärtutlösta utan försvinner när man reverserar den ursprungliga hältan. I litteraturen beskrivs att en hälta på ett bakben kan ge upphov till en kompensatorisk ipsilateral frambenshälta. Vid hälta på ett framben kan både en ipsilateral och en kontralateral bakbenshälta uppkomma.

Totalt ingick 35 hästar i studien varav samtliga var under hältutredning på Universitetssjukhuset vid SLU. Mätvärdena för 11 av hästarna utvärderades och resultatet är att 6 av hästarna uppvisade kompensatoriska hältmekanismer liknande dem som observerats i tidigare studier avseende inducerad hälta. 2 hästar uppvisar något som liknar kompensatoriska hältor men som ej stämmer överens med de mönster för kompensatoriska hältor som man tidigare sett. De tre återstående hästarna uppvisar ingen kompensatorisk hälta. Utvärderingen av en stor andel av hästarnas mätvärden försvårades av att de till synes var initialhalta på mer än ett ben.

Resultatet av den här studien visar att det finns kompensatoriska hältmekanismer hos kliniskt halta hästar. Det krävs dock ett betydligt större underlag för att kunna konstatera i vilken utsträckning det förhåller sig så. Mer data krävs också för att kunna dra några slutsatser angående egenskaperna hos dessa kompensatoriska hältmekanismer.

SUMMARY

This master's thesis is a pilot study, the aim of which was to study whether compensatory movements resembling lameness are present in clinically lame horses. During the study the objective Lameness Locator system was used. Previous studies have shown that induced lameness in one leg of a horse can cause compensatory movements, which can mimic true lameness, in another limb. These compensatory movements are not pain related and disappear when the induced lameness is reversed. Hindlimb lameness has been described to cause compensatory movements that mimic lameness in the ipsilateral forelimb while forelimb lameness causes corresponding movements in the ipsilateral and/or contralateral hindlimb.

A total of 35 horses, presented for lameness evaluation at the University Animal Hospital at the Swedish University of Agricultural Sciences, were included in the present study. The data of 11 out of the 35 horses was selected for further evaluation. This evaluation showed that 6 out of the 8 horses exhibited compensatory movements that resembled those observed in the previous studies. In two of the horses the localization of the compensatory movements was not consistent with that of these previous studies. The three remaining horses showed no compensatory movements. A large proportion of the horses seemed, initially, to be lame on more than one leg, which made the evaluation of the corresponding data much more complicated.

The results of this study show that compensatory movements resembling lameness are present in clinically lame horses. However, in order to determine to what extent, a much larger study population is required. A larger study population could also make it possible to draw conclusions about the properties of the compensatory movements.

INNEHÅLL

INLEDNING	1
LITTERATURÖVERSIKT	1
RÖRELSEMÖNSTER VID HÄLTA	1
KOMPENSATORISK HÄLTA	3
VISUELL BEDÖMNING AV HÄLTA	5
LAMENESS LOCATOR	5
MATERIAL OCH METODER	7
HÄSTAR	7
URVALSKRITERIER	7
UTRUSTNING	7
DATAINSAMLING	8
DATAANALYS	8
RESULTAT	10
HÄST 1	12
HÄST 2	13
HÄST 3	14
HÄST 4	15
HÄST 5	16
HÄST 6	17
HÄST 7	18
HÄST 8	19
HÄST 9	20
HÄST 10	21
HÄST 11	22
DISKUSSION	23
FELKÄLLOR	27
FRAMTID	27

TACK.....	29
REFERENSER.....	30

INLEDNING

Den vanligaste orsaken till att hästar i Sverige utreds och behandlas av veterinär är hälta. I en studie av Penell *et al* (2005) undersöktes orsaken till att hästar, försäkrade i ett och samma försäkringsbolag, togs till veterinärkliniker. Skador och sjukdom relaterade till hästens rörelseapparat var den vanligaste orsaken. Detta är också den största anledningen till att hästar i Sverige blir avlivade eller dör (Egenvall *et al.*, 2006).

Vid behandling av hälta är det viktigt för prognosen att hältutredningen korrekt identifierar det primärt halta benet eller benen. Vid visuell bedömning kan det vara svårt att säkert identifiera en hälta, speciellt om den är låggradig (Keegan *et al.*, 2010). För lindriga hältor är överrensstämningen mellan erfarna hästpraktiserande veterinärer, vad det gäller identifiering av det primärt halta benet, endast 65,8% för frambenshältor och 57,9% för bakbenshältor.

I studier på hästar med inducerade hältor har man sett att hälta på ett ben kan leda till asymmetriska rörelsemönster även på andra ben, så kallade kompensatoriska hältor. Dessa kompensatoriska hältor är ej smärtutlösta utan försvinner när man reverserar den ursprungliga hältan (Uhlir *et al.*, 1997; Kelmer *et al.*, 2005; Rhodin *et al.*, 2013).

Detta examensarbete är en pilotstudie vars syfte var att studera förekomsten av kompensatoriska hältmekanismer hos kliniskt halta hästar under utredning på Universitetsdjursjukhuset vid SLU. Målsättningen med arbetet var att om sådana påvisas, objektivt kunna beskriva hur dessa kompensatoriska hältor ser ut i trav på rakt spår. Hypotesen var att det finns kompensatoriska hältor på kliniskt halta hästar liknande dem som setts i tidigare studier på hästar med inducerade hältor. Vid mätningarna av hästarnas rörelser har systemet Lameness Locator använts. Mer kunskap om de kompensatoriska hältmekanismerna och hur dessa ser ut vid objektiva mätningar skulle kunna förbättra precisionen i de hältutredningar som utförs på kliniker runt om i landet.

LITTERATURÖVERSIKT

RÖRELSEMÖNSTER VID HÄLTA

Det finns ingen exakt definition av hälta att finna i litteraturen. I Dorlands Medical Dictionary, (1974): se Ross (2011a) definieras hälta som: "oförmögen till normal rörelse, avvikelser från det normala rörelsemönstret". Ross (2011a) beskriver hälta enligt följande: "Hälta är helt enkelt ett kliniskt tecken, en manifestation av symtom på inflammation, inkluderande smärta, eller en mekanisk defekt, som resulterar i en onormal gång präglad av haltande." Stashak (2002): se Baxter & Stashak (2011)

definierar hälta som: ”Hälta är en indikation på en strukturell eller funktionell avvikelse i ett eller flera ben eller i ryggen som är påtaglig när hästen står eller rör sig.”

När en häst uppvisar en hög grad av asymmetrisk rörelse är det mer tydligt, vid visuell bedömning, att det är en avvikelse från det normala och rör sig om en hälta (Keegan *et al.*, 2010). Vid låga grader av asymmetri finns det i litteraturen ingen fastställd gräns för vad som är en naturligt förekommande asymmetri och vad som är en hälta. På detta område behövs det fler studier för att kunna göra en tydligare gränsdragning.

Hos en häst i trav rör sig huvudet upp och ner två gånger under en fullständig stegcykel (Buchner *et al.*, 1996). Huvudet når sin maximala vertikala position vid slutet av eller precis efter frambenets understödsfas. Det når sin minsta vertikala position ungefär mitt under understödsfasen. Hos en ohalt häst är denna rörelse nära symmetrisk mellan de båda frambenen, det vill säga huvudet höjs lika mycket i slutet av understödsfaserna och det sänks lika mycket i mitten av understödsfaserna. Hos en häst med frambenshälta ses däremot en skillnad i huvudrörelsen kopplat till de båda frambenens rörelse. Den vanligaste asymmetrin beskrivs ofta som att hästen ”nickar ner” på sitt ohalta framben (Ross, 2011b). Denna rörelse uppkommer eftersom hästen sänker huvudet mindre under understödsfasen hos det halta benet för att avlasta detta (Weishaupt *et al.*, 2006).

I likhet med huvudets rörelse har även bäckenet ett symmetriskt vågformat rörelsemönster i trav (Kramer *et al.*, 2004). Bäckenet, med sacrum som högsta punkt, höjs och sänks två gånger under en fullständig stegcykel. Det når sin maximala position precis efter understödsfasen och sin minimiposition mitt under understödsfasen. Vid bakbenschälta ser man även här en asymmetri i denna rörelse mellan de båda sidorna. I en studie där man undersökt ett mindre antal hästar med bakbenschälta såg författarna att rörelsemönstret var likartat oavsett typ av underliggande patologisk förändring eller dess lokalisation (May & Wyn-Jones, 1987). Det råder viss förvirring angående hur man visuellt bedömer denna asymmetri och olika observatörer verkar basera sin bedömning på olika saker. (Ross, 2011b). För att avlasta det halta benet kommer hästen att sjunka ner mindre med hela sitt bäcken under belastningsfasen hos det halta benet. Den kommer också att trycka ifrån mer med det friska benet precis innan det halta benets belastningsfas (Kramer *et al.*, 2004). Detta ser ut som att hela bäckenet höjs i belastningsfasen hos det halta benet (Kramer *et al.*, 2004; Ross, 2011b). Andra bedömare fokuserar istället på sänkningen av hästens hela bäcken som kommer ske när den belastar sitt friska bakben. Slutligen väljer en del att observera vilken sidas tuber coxae som rör sig mest. I det sistnämnda fallet är erfarenheten att rörelsen är större på det halta benets sida. (Ross, 2011b).

Longering används vid hältundersökningar bland annat som ett sätt att påvisa en dubbelsidig hälta (Baxter & Stashak, 2011; Ross, 2011b). Longering kan också användas till att accentuera en mild hälta. Vanligen blir en hälta tydligare med det halta benet som innerben men vid vissa sjukliga förändringar kan hältan istället bli tydligare om hältan finns på ytterbenet. Voltspåret orsakar dock asymmetrier även hos ohalta hästar vilket kan komplicera bedömningen av hästens rörelsemönster (Rhodin *et al.*, 2013). I studien av Rhodin *et al.* (2013) såg man att den största voltorsakade asymmetrin liknar en inre bakbenschälta. Den uppkommer eftersom hästar på böjt spår kommer att sjunka ner mer på sitt ytterben. Asymmetrin hos en häst på volt varierar också med hastighet och

storlek på volten (Pfau *et al.* 2012; Starke *et al.* 2013) vilket gör det viktigt att standardisera dessa faktorer vid exempelvis utvärdering av en häst före och efter bedövning.

Med hjälp av kraftmätningsskivor integrerade i ett rullband kan man studera hur belastningen fördelas mellan de olika benen under rörelse (Weishaupt *et al.*, 2004). Weishaupt *et al.* (2004; 2006) har i två publikationer beskrivit hur detta ser ut i trav på rakt spår hos hästar med inducerad belastningshälsa på antingen fram- eller bakben. De kunde identifiera 4 mekanismer som hästen använder sig av för att reducera den maximala vertikala kraften (peak vertical force), det vill säga reducera den strukturella stressen, på det halta benet:

1. Med ökande grad av hälsa reduceras den totala vertikala impulsen per stegcykel genom att öka stegfrekvensen. Hästar som springer på ett rullband är dock tvungna att springa i en bestämd hastighet och i verkligheten kan denna kompensation istället ske genom att minska hastigheten.
2. Belastningen, i form av vertikal impuls, omfördelas från den halta till den friska diagonalen (diagonala benparet) genom att förkorta övergången i tid mellan diagonalerna från den halta till den friska diagonalen och på så sätt snabbare understödja kroppstyngden med den friska diagonalen.
3. Vid frambenshälsa förflyttas belastningen, uttryckt i vertikal impuls, bakåt till det diagonala bakbenet samt lateralt till det kontralaterala frambenet. Denna omfördelning sker framförallt med hjälp av en asymmetrisk rörelse med huvudet. Vid bakbenshälsa omfördelas belastningen framförallt till det kontralaterala bakbenet men även till det diagonala frambenet.
4. Den maximala vertikala kraften minskas hos alla benen genom att förlänga understödsfasen hos båda de diagonala benparen.

Sammantaget gör dessa mekanismer att hästen kan minska den maximala vertikala kraften hos det halta benet och sedan omfördela belastningen men ändå undvika att öka den maximala vertikala kraften på något annat ben. Undantaget är hästar med frambenshälsa där en liten ökning av den maximala vertikala kraften sågs hos det diagonala bakbenet.

KOMPENSATORISK HÄLTA

Kompensatorisk hälsa definieras i detta arbete som en asymmetrisk rörelse hos huvud eller bäcken, till synes en hälsa, i den motsatta delen av kroppen, som är ett resultat av förändringar i det totala rörelsemönstret för att avlasta det primärt halta benet. Enligt den definitionen kommer en kompensatorisk hälsa att försvinna eller minska tydligt om man reverserar eller bedövar bort den primära hältan. I ett arbete av Uhlir *et al.* (1997) studerades ett begränsat antal både inducerade och naturligt förekommande kliniska hältor. Kinematiken hos huvudet och bäckenets vertikala rörelser mättes. I studien kunde man se att en primär bakbenshälsa gav en kompensatorisk ipsilateral frambenshälsa. Vid en primär frambenshälsa kunde man istället se en kompensatorisk hälsa på det kontralaterala (diagonala) bakbenet. Att den kompensatoriska hältan på detta sätt uppträder antingen på en saggital eller diagonal axel beroende på om det är en primär fram- eller bakbenshälsa har bekräftats i flera senare studier på hästar med inducerade hältor (Kelmer *et al.*, 2005; Rhodin *et al.* 2013) samt när det gäller frambenshältor även på kliniska fall (Maliye *et al.* 2013). I motsats till studierna av Uhlir *et al.* (1997) och Maliye *et al.* (2013) har dock vissa studier visat att en primär frambenshälsa även kan ge en kompensatorisk ipsilateral bakbenshälsa (Kelmer *et al.*, 2005; Rhodin *et al.* 2013). Kelmer *et al.* (2005) samt Rhodin *et al.* (2013) visar båda att detta beror på om man mäter

skillnaden i bäckenets rörelse uppåt (PDmax) eller bäckenets sänkning (PDmin). Vid en primär frambenshätta kommer bäckenet att höja sig mindre efter understödsfasen hos det kontralaterala bakbenet vilket indikerar en kompensatorisk kontralateral bakbenshätta. Däremot kommer bäckenet att sänka sig mindre under understödsfasen hos det ipsilaterala bakbenet vilket indikerar en kompensatorisk ipsilateral bakbenshätta. I studierna av Uhlir *et al.* (1997) och Maliye *et al.* (2013) mättes den totala asymmetrin hos bäckenets rörelse utan att dela upp den i uppåt eller nedåtgående rörelse. Weishaupt *et al.* (2006) mätte i en studie belastningen på de olika benen vid inducerad hälta. Detta skedde med hjälp av en kraftmätningsskiva integrerad i en rullmatta. En frambenshätta gav då en ökad belastning hos det kontralaterala bakbenet vilket indikerar en ipsilateral kompensatorisk bakbenshätta (Weishaupt *et al.* 2006).

En primär bakbenshätta ger en hög grad av asymmetri kopplat till det ipsilaterala frambenet. Enligt en studie ger en fördubbling av en primär bakbensasymmetri en ökning av den kompensatoriska frambensasymmetrin med 50% (Kelmer *et al.*, 2005). En annan studie visade att den kompensatoriska frambensasymmetrin ökar med 0,91mm för varje 1mm ökning av bakbensasymmetrin, det vill säga den kompensatoriska frambensasymmetrin, kan vara av nästan samma storlek som den primära bakbensasymmetrin (Rhodin *et al.* 2013). Vid en samtidig ipsilateral frambens och bakbenshätta bör en kliniker överväga att i första hand utreda bakbenshättan om det inte finns starka kliniska eller anamnestiska tecken på en primär frambenshätta (Rhodin *et al.* 2013; Uhlir *et al.* 1997).

En primär frambenshätta har visats ge upphov till en mycket lägre grad av kompensatorisk bakbensasymmetri än i det omvända fallet. Enligt en studie visade sig ökningen av den kompensatoriska kontralaterala bakbensasymmetrin vara 5% vid en fördubbling av den primära frambensasymmetrin (Kelmer *et al.*, 2005). Enligt en annan studie var ökningen av den kompensatoriska ipsilaterala bakbensasymmetrin 0,18mm och den kompensatoriska kontralaterala frambensasymmetrin 0,19mm för varje 1mm ökning av frambensasymmetrin, det vill säga ca 20% (Rhodin *et al.* 2013). I många fall av lindriga hältor går den kompensatoriska bakbensasymmetrin kanske inte ens att uppfatta utan hjälpmedel eftersom Parkes *et al.* (2009) visade att asymmetrier mindre än 25% är svåra att upptäcka med blotta ögat.

Det har spekulerats i om kompensatoriska hältor uppkommer när graden av hälta i det primära benet når över ett visst tröskelvärde. Det är svårt att i detta avseende jämföra olika studier då man använder sig av olika skalor för gradering av hältan. Vissa har valt att använda den femgradiga AAEP skalan (American Association of Equine Practitioners). Kompensatoriska frambenshältor sågs i en studie när bakbenshättan var grad 3 eller högre på den femgradiga AAEP skalan (Kelmer *et al.*, 2005) men i en annan studie vid bakbenshältor av grad 1-2 på en fyrgradig skala (Uhlir *et al.* 1997). Kompensatoriska bakbenshältor sågs i en studie endast hos 6 av 10 hästar med en primär frambenshätta av grad 1-2 på en fyrgradig skala (Uhlir *et al.* 1997). I en annan studie sågs det dock hos alla hästar med frambenshätta, hästarna i den studien var i snitt 2 grader halta på den femgradiga AAEP skalan (Maliye *et al.* 2013). Det är alltså inte klart om de kompensatoriska hältorna uppstår vid en viss grad av hälta eller huruvida det också finns andra faktorer som påverkar när dessa uppkommer.

VISUELL BEDÖMNING AV HÄLTA

Som nämnts i inledningen har variationen mellan olika veterinärers bedömningar av hälta hos häst visat sig vara stor. Keegan *et al.* jämförde i en studie år 2010 erfarna hästpraktiserande veterinärers bedömningar av halta hästar. 131 hästar deltog i studien och varje häst undersöktes av 2-5 veterinärer. Undersökningen skedde i realtid och de undersökande veterinärerna fick även möjlighet att se hästarna på böjt spår samt utföra olika typer av provokationstester precis som under en normal hältutredning. För hästar med en måttlig grad av hälta, $>1,5$ på den femgradiga AAEP skalan, var överrensstämelsen gällande vilket ben hästen var halt på 93,1%. För frambenen 94,2% och för bakbenen 92,0%. Vid lindrigare grad av hälta, $\leq 1,5$ på den femgradiga AAEP skalan, var överrensstämelsen mellan veterinärer totalt 61,9%, 65,8% för frambenshältor och endast 57,9% för bakbenshältor. Det ska påpekas att man i studien bara har studerat överrensstämelsen mellan veterinärernas bedömning och ej om bedömningen i sig varit korrekt.

Generellt anses bakbenshältor vara svårare att bedöma än frambenshältor (May & Wyn-Jones, 1987; Ross, 2011b). Vetskapen om att en bedövning har lagts påverkar också den subjektiva bedömningen vilket Arkell *et al.* visade i en studie 2006. När observatörerna visste att en nervblockad hade lagts ökade skillnaden i deras bedömning av hästens grad av hälta före och efter nervblockaden med 0,4 grader på en skala 0-10. Författarna tolkar detta som att vetskapen om att en bedövning lagts gör att förväntningen på en skillnad ökar och påverkar bedömningen.

Starke *et al.* visade i en studie 2013 att den hastighet i vilken en häst travar på rakt spår påverkar den subjektiva bedömningen av hur symmetrisk den är. Hästar som travade i en högre hastighet bedömdes som mer symmetriska. De objektiva mätningarna på samma hästar visade mycket liten variation med hastigheten på rakt spår. Det ska noteras att hästarna i den här studien var lindrigt halta och resultatet kan vara annorlunda hos hästar med högre grad av hälta, som kan förväntas få en ökad asymmetri vid högre hastighet. På volt påverkades ej den subjektiva bedömningen av hältan av en ökad hastighet. Författarna menar att detta kan bero på att hästar vid objektiva mätningar visar en högre grad av asymmetri med ökande hastighet på böjt spår vilket skulle kunna balansera en minskad förmåga hos observatörerna att upptäcka asymmetrin.

LAMENESS LOCATOR

Lameness Locator (LL) är ett system för objektiv bedömning av hälta hos hästar. Det har utvecklats i USA av Keegan *et al.* Systemet består av tre sensorer: två enaxlade accelerometrar och ett gyroskop (Keegan *et al.* 2011). Den ena accelerometern fästs på huvudets högsta punkt och den andra på korset, mellan båda sidornas tuber sacrale. Gyroskopet fästs på dorsalt på höger framben, mellan kotleden och kronranden. Data skickas sedan trådlöst via Bluetooth till en dator och analyseras med det tillhörande mjukvaruprogrammet.

Via sensorerna på huvud och bäcken samlas accelerationsdata in som sedan dubbelintegreras till positionsdata (Keegan *et al.* 2011). Gyroskopet används för att avgöra var i stegcykeln hästen befinner sig. Genom att analysera de data som samlas in detekteras eventuella asymmetrier i huvudet

och bäckenet vertikala rörelser mellan de olika benen. För mer om själva analysen av data och de medelvärden som beräknas (se Material och metoder: Dataanalys).

I en studie från 2004 jämförde Keegan *et al.* Lameness Locator systemet med ett system för videobaserad rörelseanalys. Åtta hästar med båda naturliga och inducerade hältor ingick och mätningarna utfördes på ett rullband. Resultatet i studien visade att överensstämmelsen mellan systemen var utmärkt för frambenshäla och god för bakbenshäla. 2011 genomförde Keegan *et al.* en studie på 236 hästar där syftet var att undersöka repeterbarheten hos mätningar med systemet under varierande förutsättningar liknande den normala kliniska verksamheten (hastighet och underlag kontrollerades ej utan varierade under studien). Resultatet av studien är att systemet har en tillräcklig repeterbarhet för att utvärderas ytterligare som ett hjälpmedel att upptäcka och utvärdera hältor i trav på rakt spår.

Kraftmätningsskivor är den mest undersökta typen av objektiva system enligt Keegan *et al.* (2012). Genom att mäta minskningen i ground reaction forces (GRF) kan de, enligt författaren, med hög specificitet och sensitivitet avgöra vilket/vilka ben hästen är halt på (Keegan *et al.* 2012). En studie har visat att en kraftmätningsskiva integrerad i ett rullband med god säkerhet kan bedöma vilket ben hästen är halt på samt grad av häla (Weishaupt *et al.* 2004;2006; Weishaupt, 2008). Keegan *et al.* (2012) jämförde i en studie LL med en stationär kraftmätningsskiva. Studien visar att LL har tillräckligt hög sensitivitet för att användas kliniskt till att detektera enkelsidiga frambenshältor. Bakbenshältor undersöktes ej i studien. Det var heller inga ohalta hästar inkluderade vilket gör att man inte kan dra några slutsatser angående specificiteten hos systemet. Författarna påpekar också att hästar med bilaterala hältor, om de är av samma grad, felaktigt kommer att bedömas symmetriska, alltså ohalta, av systemet.

I en studie av McCracken *et al.* från 2012 jämfördes LL med objektiv bedömning av erfarna hästpraktiserande veterinärer. Hästarna som ingick i studien inducerades med hältor av ökande grad. Författarna konkluderade att LL systemet kunde upptäcka hältor av mindre grad jämfört med de objektiva bedömarna. LL har i en annan studie visats kunna användas för att bedöma effekten av nervblockader hos hästar med låga frambenshältor (Maliye *et al.* 2013). Huruvida en nervblockad var positiv eller negativ bedömdes dock endast av en subjektiv bedömare vilket kan vara en källa till fel. I en studie av Marshall *et al.* (2012) undersökte man om LL kunde användas för att bedöma svaret på högt böjprov på bakbenen. I den studien såg man signifikanta skillnader i PDmax efter positivt böjprov. Om böjprovet var positivt eller ej bedömdes dock av endast en subjektiv bedömare vilket kan vara en felkälla även i den studien.

Det finns ännu inga gränsvärden för LL på böjt spår och ännu inga publicerade studier som validerar dess användning på det böjda spåret. Studier har, som beskrivits ovan, visat att det böjda spåret i sig själv orsakar asymmetrier som man måste ta hänsyn till (Rhodin *et al.* 2013) vilket gör att gränsvärdena för det raka spåret ej kan användas.

MATERIAL OCH METODER

HÄSTAR

Urvalet av hästar för denna studie skedde bland de hästar som inkom för hältutredning till Universitetsdjursjukhuset (UDS) vid Sveriges Lantbruksuniversitet under perioden 2014-09-01 till och med 2014-10-23. I första hand tillfrågades ägare som kom med hästar för ett primärbesök. Anledningen till detta var att studiens upplägg krävde att hästen initialt visade en hälta och att sedan åtminstone en anestesi lades under utredningen. Det bedömdes att de hästar som kom för ett primärbesök hade störst chans att uppfylla dessa kriterier. Dock kom en del av dessa hästar på remiss från andra kliniker, även om det var deras primärbesök till UDS. Ingen djurägare som tillfrågades tackade nej till att delta i studien. Hästarna som mättes var av varierande ras, kön och storlek.

Rörelseanalyser med systemet Lameness Locator utfördes på totalt 35 stycken hästar. Fyra av dessa hästar mättes ytterligare en gång när de kom för återbesök och en häst mättes under de två kommande återbesöken efter den initiala mätningen. Totalt resulterade det i 41 mätningar.

URVALSKRITERIER

Av de hästar som mättes valdes vissa ut för att slutligen ingå i detta arbete. Urvalet skedde enligt följande kriterier:

- Hästen visade vid den initiala mätningen en asymmetri på rakt spår som låg över framtagna gränsvärden för hälta (medelvärde för HDmin/max på ≥ 6 mm för framben eller medelvärde för PDmin/max på ≥ 3 mm för bakben) på åtminstone ett av de fyra benen.
- En eller flera led- eller ledningsanestesier lades, om det var flera var det på samma ben. Åtminstone en utav dessa minskade asymmetrin under gränsvärdet eller minskade tydligt medelvärdet för asymmetrin (minskning med > 6 mm för framben och > 3 mm för bakben) kopplad till det ben bedövningen lagts på.
- Alla mätningar som inkluderades i arbetet skulle innehålla mer än 20 steg.
- Standardavvikelsen, SD, för de medelvärden som erhöles vid mätningen var mindre än respektive medelvärde. Detta kriterium gällde ej för medelvärden som låg under gränsvärdena för hälta. Detta eftersom det då är normalt att SD ligger högre än medelvärdet. Det frångicks även i vissa fall när det gällde något enstaka värde vid en mätning, om mätningen i övrigt var bra och SD endast låg några mm över medelvärdet. Det sistnämnda kommenteras i de fall som är aktuella.

UTRUSTNING

Vid datainsamlingen användes Lameness Locator systemet. Systemet består av tre sensorer: två enaxlade accelerometrar och ett gyroskop (Keegan *et al.* 2011). De är vardera ca 2x3x3,8cm stora och väger ca 30g styck. De tre sensorerna som ingår i systemet har i denna studie fästs på hästen på följande sätt: En accelerometer fästes på huvudets högsta punkt med hjälp av en huva som fästs i grimman eller tränsets nackstycke. Den andra accelerometern fästes på korset, mellan båda sidors

tuber sacrale, med dubbelhäftande tejp samt ett kryss av smalare tejp som ger ett tryck nedåt och håller fast sensorn. Gyrometern fästes dorsalt på höger framben, mellan kotled och kronrand, med hjälp av ett specialdesignat fodral som lindades runt benet och fästes med kardborrespännen.

Parallellt med Lameness Locator systemet användes även ett annat system för objektiv hältbedömning baserat på höghastighetskameror. Systemet är under utveckling och testas vid Hästkliniken vid UDS. För detta ändamål utrustades hästarna även med en uppsättning bestående av 7 runda reflexmarkörer som fästes med dubbelhäftande tejp. De data som samlades in med det här systemet redovisas ej i denna studie. Markörerna och sensorerna bedömdes ej påverka varandra på något sätt vid datainsamlingen då de kunde placeras ut samtidigt på hästen utan problem och utan att vara i vägen för varandra.

DATAINSAMLING

Hästarna utrustades med sensorerna och fick sedan, som en del i den normala hältundersökningen, trava på hårt underlag i hältgången på Hästkliniken vid UDS i Uppsala. För att kunna samla tillräckligt antal steg fick de springa hela gångens längd, fram och tillbaka, två gånger. Den som sprang med hästen instruerades att försöka få hästen att trava med jämn hastighet samt att hålla grimskaflet tillräckligt löst för att ej begränsa huvudets rörelser. Behandlande veterinär beslutade om vilken/vilka anestesier som skulle läggas på hästarna. Efter att en anestesi hade lagts upprepades mätningen efter den anslagstid som av behandlande veterinär ansågs relevant för respektive bedövning.

DATAANALYS

Insamlade data skickades trådlöst via Bluetooth till en bärbar dator och analyserades med den medföljande mjukvaran till Lameness Locator systemet. Data samlades i en hastighet av 200Hz (Keegan *et al.* 2011). Accelerometrarna mätte accelerationen i vertikal riktning. Accelerometerdata från sensorerna på huvudet och bäckenet integrerades 2 gånger för att omvandlas till positionsdata och bearbetades vidare genom användning av en specialskrivna algoritmer (Keegan *et al.* 2011).

Gyroskopet användes för att mäta var i stegcykeln hästen befann sig (Keegan *et al.* 2011). Eftersom trav är en regelbunden gångart med samtidig isättning av de diagonala benparen kan man genom att mäta var i stegcykeln höger fram befinner sig även avgöra positionen i stegcykeln hos de övriga benen. Uppmätta asymmetrier kan då associeras med ett ben.

Huvudet och bäckenet har i trav en sinusformad rörelse med två maxima och två minima under varje stegcykel (Kramer *et al.* 2004). Skillnaden mellan stegen för huvudets (HDmax) och bäckenet (PDmax) maximala position är ett mått på symmetrin i huvudets och bäckenets vertikala rörelse uppåt efter det diagonala benparets understödsfas (Keegan *et al.* 2011). Skillnaden i minimihöjd för huvud (HDmin) och bäcken (PDmin) är ett mått på symmetrin hos huvudets och bäckenets vertikala rörelse nedåt under den första halvan av understödsfasen hos de diagonala benparen. Medelvärden av dessa kan användas för att avgöra vilket ben hästen är halt på samt grad av hälta. Positiva värden indikerar

en hälta på ett högerben och negativa värden hälta på ett vänsterben. Gränsvärden har tagits fram för när dessa skillnader i asymmetri klassas som kliniskt signifikanta på rakt spår, det vill säga innebär hälta (Keegan *et al.* 2011). För frambenen är det när medelvärdet hos HDmin eller HDmax är ≥ 6 mm samt större än standardavvikelsen (SD) och för bakbenen när PDmin eller PDmax är ≥ 3 mm samt större än SD.

RESULTAT

Av de 35 hästar som mättes valdes 11 stycken ut, baserat på tidigare angivna urvalskriterium, för att slutligen ingå i detta arbete. Åtta hästar exkluderades eftersom inga anestesier lades, 9 stycken eftersom anestesin/anestesierna ej påverkade den initiala asymmetrin på rakt spår, 2 stycken eftersom SD var för högt eller högre än mätvärdet på för många värden, 2 för att de initialt var ohalta, en där bedövning lades på två ben samtidigt, en för att asymmetrin påverkades först när en bedövning lades bak efter att bedövningar redan lagts på ett framben och en där ett annat ben än det som asymmetrin kopplades till enligt medelvärdena bedövades. Det gjordes även 6 stycken mätningar vid återbesök och resultaten från en av dessa tillhör de 11 inkluderade mätvärdena. Vid de resterande 5 återbesöken lades ingen bedövning.

Antalet hästar med likartade hältor och där de erhållna mätvärdena ej komplicerades av att de initialt var halta på mer än ett ben var för få för att möjliggöra en statistisk analys. Av den anledningen redovisas endast enskilda hästars mätvärden.

Egenskaperna för de hästar som ingår i studien redovisas i Tabell 1. Mätresultaten redovisas i Tabell 2-12 samt Figur 2-12. För de hästar vars mätvärden inkluderades i studien gjordes 2-13 mätningar. Endast den initiala mätningen samt den mätning där anestesin släckt eller tydligt minskat medelvärdet för asymmetrin redovisas.

För att beskriva ett positivt medelvärde används +HDmin, +HDmax, +PDmin och +PDmax. För ett negativt medelvärde anges istället -Hdmin, -HDmax, -PDmin och -PDmax.

Tabell 1. Hästar inkluderade i studien

Nummer	Ålder (år)	Kön	Ras	Mankhöjd (cm)	Vikt ¹ (kg)	Användning ²
1	18år	Sto	Sv. halvblod	163	579	DL HL
2	11år	Val	Sv. halvblod	174	620	DL HL
3	13år	Val	Sv. halvblod	167	ca 600	HS
4	12år	Sto	Haflinger	137	385	H
5	10år	Sto	Eng. fullblod	167	ca 500	DS
6	10år	Sto	Kors. ponny	122	297	DL
7	9år	Sto	Sv. halvblod	ca 160	ca 550	DL HL
8	16år	Sto	Sv. varmblod	155	ca 450	H
9	17år	Val	Tysk ridponny	148	ca 500	HS
10	19år	Sto	Sv. halvblod	164	ca 600	DS

11	16år	Val	Sv. varmblod	161	ca 600	H
----	------	-----	--------------	-----	--------	---

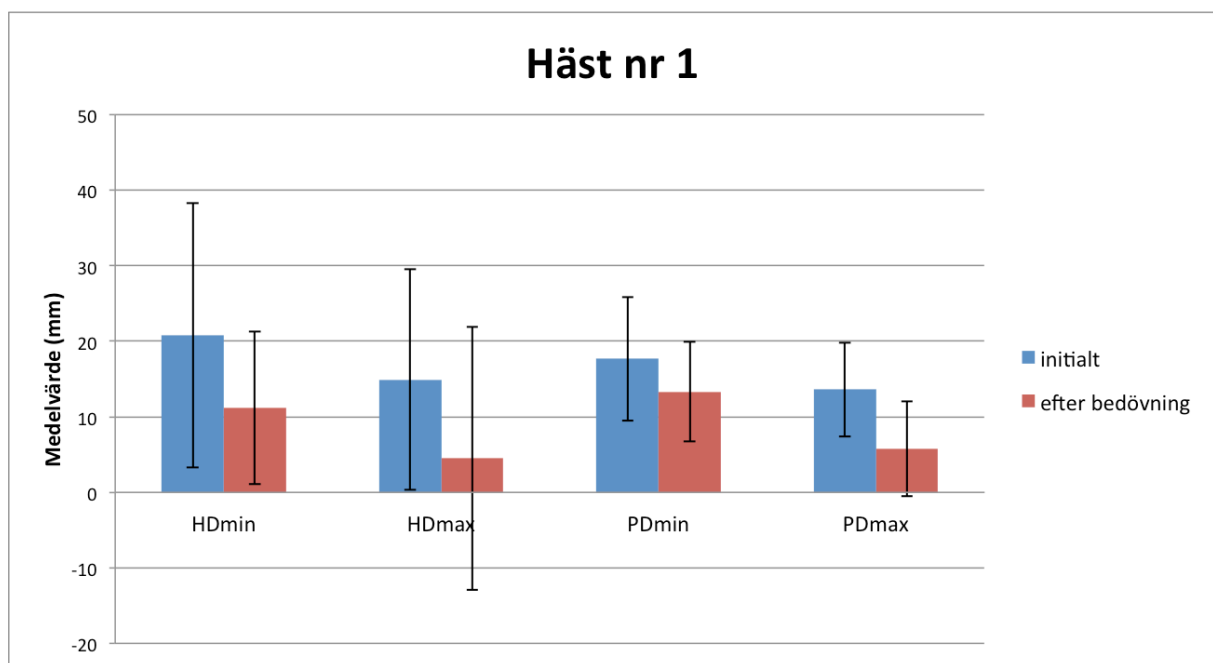
¹ Ungefärlig vikt, ej alltid uppmätt samma dag som mätningarna är gjorda eller uppskattad av djurägaren.

² HL -hopptävling lätt nivå, HS -hopptävling medelsvår-svår nivå, DL -dressyrtävling lätt nivå, DS -dressyrtävling medelsvår-svår nivå, H -hobbyridning, A -annat(ex. avel, sällskapshäst)

HÄST 1

Tabell 2. Resultat häst nr 1

Spår	Anestesi	Antal steg		HDmin	SD	HDmax	SD	PDmin	SD	PDmax	SD
		Fram	Bak	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Rakt	Initialt	32	34	20,8	17,5	14,9	14,6	17,7	8,2	13,6	6,2
Rakt	HB gaffelbandsfästet	28	30	11,2	10,1	4,5	17,4	13,3	6,6	5,8	6,3



Figur 2. Resultat häst nr 1.

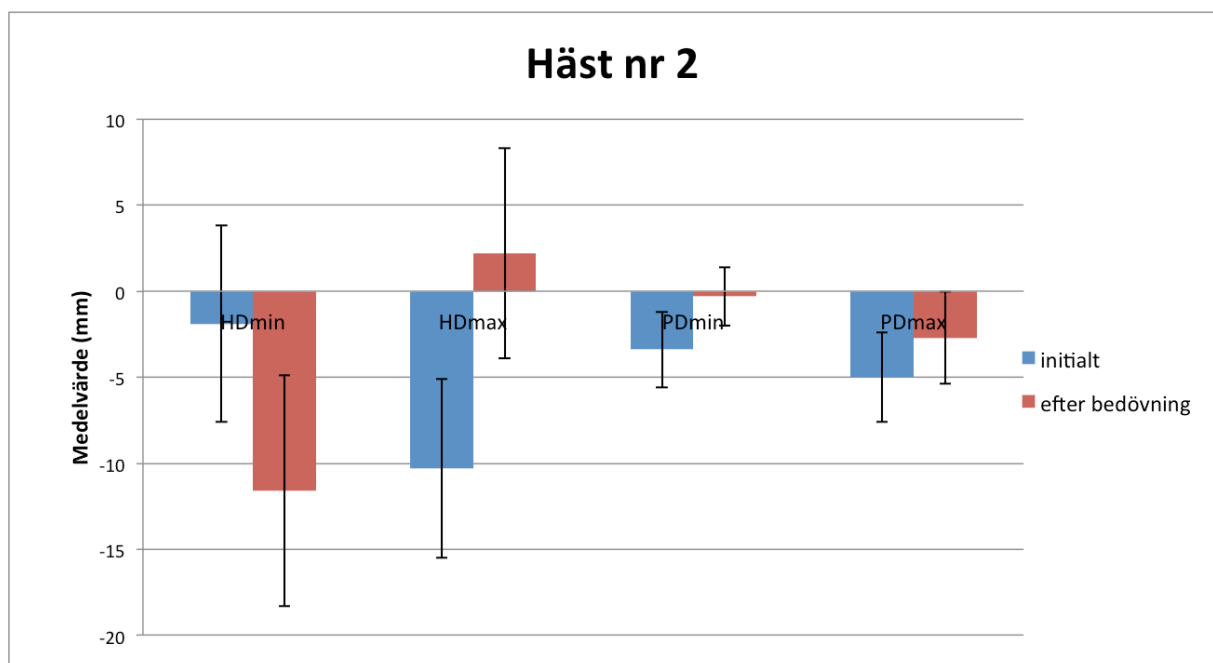
Vid den initiala mätningen ligger häst nr 1 (se tabell 2 samt figur 2) över gränsvärdet för hälta på +HDmin, +HDmax, +PDmin samt +PDmax. Efter bedövning av gaffelbandsfästet på höger bak ses en minskning av både +PDmin samt +PDmax. Fram ses en minskning av +HDmin och även +HDmax har minskat och ligger nu under gränsvärdet för hälta. SD för +PDmax efter bedövning ligger något högre än medelvärdet.

Hästen visar initialt en hälta både HB (höger bak) och HF (höger fram). Efter anestesi HB minskar hälтан både på detta ben och på HF som ej bedövats.

HÄST 2

Tabell 3. Resultat häst nr 2

Spår	Anestesi	Antal steg		HDmin	SD	HDmax	SD	PDmin	SD	PDmax	SD
		Fram	Bak	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Rakt	Initialt	22	26	-1,9	5,7	-10,3	5,2	-3,4	2,2	-5	2,6
Rakt	VB knäled	25	25	-11,6	6,7	2,2	6,1	-0,3	1,7	-2,7	2,7



Figur 3. Resultat häst nr 2.

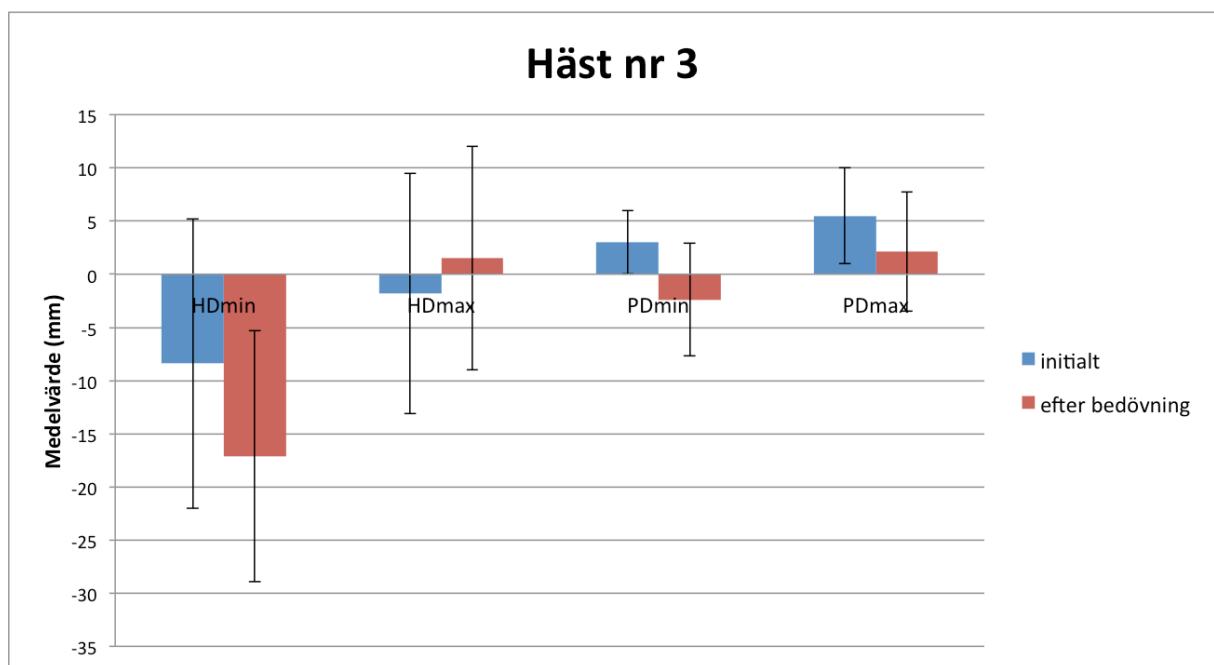
Vid den initiala mätningen ligger häst nr 2 (se tabell 3 samt figur 3) över gränsvärdet för hälta på -HDmax, -PDmin samt -PDmax. Efter bedövning av knäledens alla avdelningar på vänster bak syns en tydlig minskning av både -PDmin och -PDmax och båda dessa ligger nu under gränsvärdet för hälta. Fram ses en minskning av -HDmax under gränsvärdet men däremot en ökning av -HDmin som nu ligger över gränsvärdet.

Denna häst visar initialt hälta VB (vänster bak) och VF (vänster fram). Efter bedövning VB försvinner hältan på detta ben och hältan VF byter karaktär.

HÄST 3

Tabell 4. Resultat häst nr 3

Spår	Anestesi	Antal steg		HDmin (mm)	SD (mm)	HDmax (mm)	SD (mm)	PDmin (mm)	SD (mm)	PDmax (mm)	SD (mm)
		Fram	Bak								
Rakt	Initialt	21	22	-8,4	13,6	-1,8	11,3	3,0	3,0	5,5	4,5
Rakt	HB ordinär	21	22	-17,1	11,8	1,5	10,5	-2,4	5,3	2,1	5,6



Figur 4. Resultat häst nr 3.

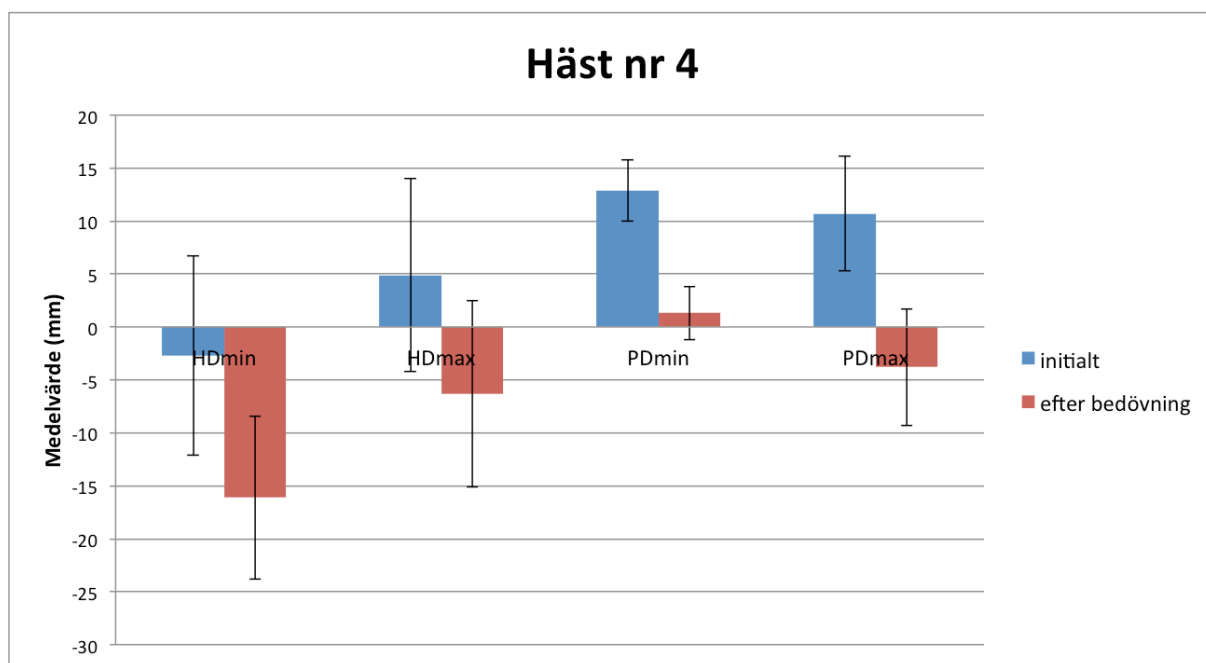
Vid den initiala mätningen ligger häst nr 3 (se tabell 4 samt figur 4) över gränsvärdet för hälta på -HDmin, +PDmin samt +PDmax. Efter att en ordinär bedövning på höger bak ses en minskning av båda +PDmin och +PDmax och båda dessa ligger nu under gränsvärdet på 3mm. Fram ses en ökning av -HDmin. SD för -HDmin är vid den initiala mätningen större än -HDmin.

Denna häst visar initialt en hälta VF och HB. Efter att en nervblockad lagts på HB är den ohalt bak. Fram ökar hältn VF.

HÄST 4

Tabell 5. Resultat häst nr 4

Spår	Anestesi	Antal steg		HDmin	SD	HDmax	SD	PDmin	SD	PDmax	SD
		Fram	Bak	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Rakt	Initialt	36	37	-2,7	9,4	4,9	9,1	12,9	2,9	10,7	5,4
Rakt	HB hasled	37	37	-16,1	7,7	-6,3	8,8	1,3	2,5	-3,8	5,5



Figur 5. Resultat häst nr 4.

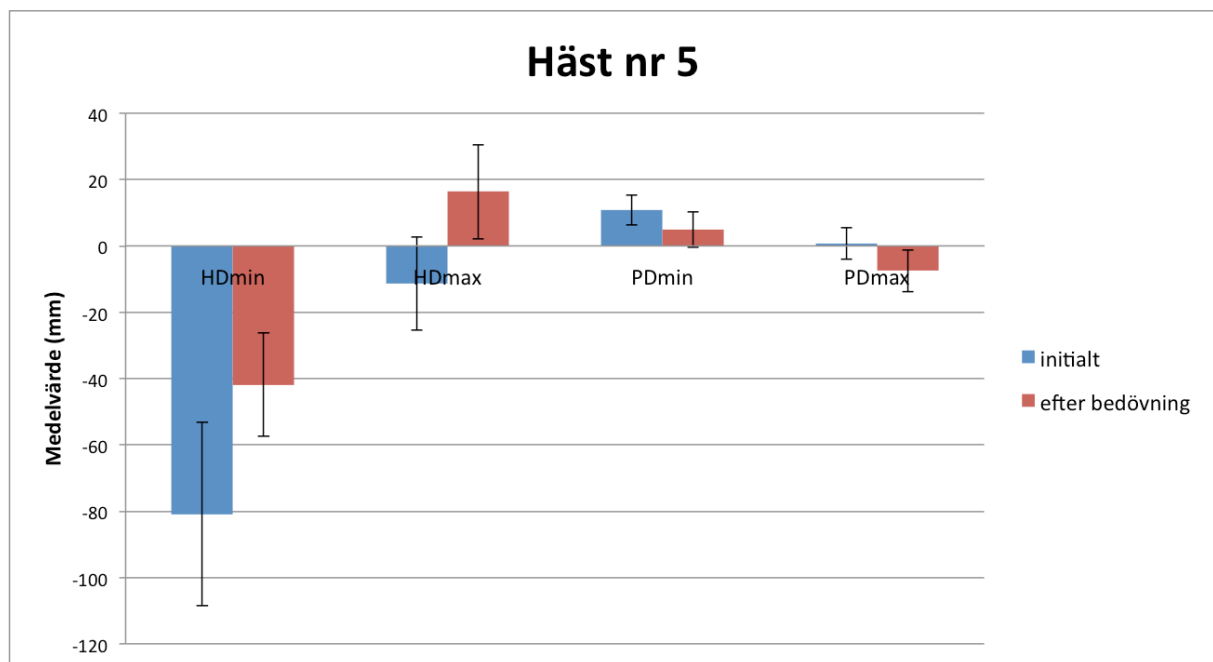
Vid den initiala mätningen ligger häst nr 4 (se tabell 5 samt figur 5) över gränsvärdet för håla på +PDmin samt +PDmax. Hästen ligger däremot under gränsvärdet på båda medelvärdena fram. Efter bedövning av hasleden (tibiotarsal- och tarsometatarsalleden) minskar +PDmin under gränsvärdet och +PDmax har nu ändrat tecken till -PDmax. Fram ses en ökning av -HDmin och -HDmax som nu ligger över gränsvärdet. SD för -HDmax och -PDmax ligger efter bedövning högre än respektive medelvärden.

Denna häst är initialt halt HB. Efter att en bedövning lagts på HB visar den håla VF samt VB.

HÄST 5

Tabell 6. Resultat häst nr 5

Spår	Anestesi	Antal steg		HDmin (mm)	SD (mm)	HDmax (mm)	SD (mm)	PDmin (mm)	SD (mm)	PDmax (mm)	SD (mm)
		Fram	Bak								
Rakt	Initialt	32	31	-80,8	27,7	-11,4	14,0	10,8	4,6	0,7	4,7
Rakt	VF låg	33	33	-41,8	15,6	16,3	14,2	4,9	5,4	-7,5	6,3



Figur 6. Resultat häst nr 5.

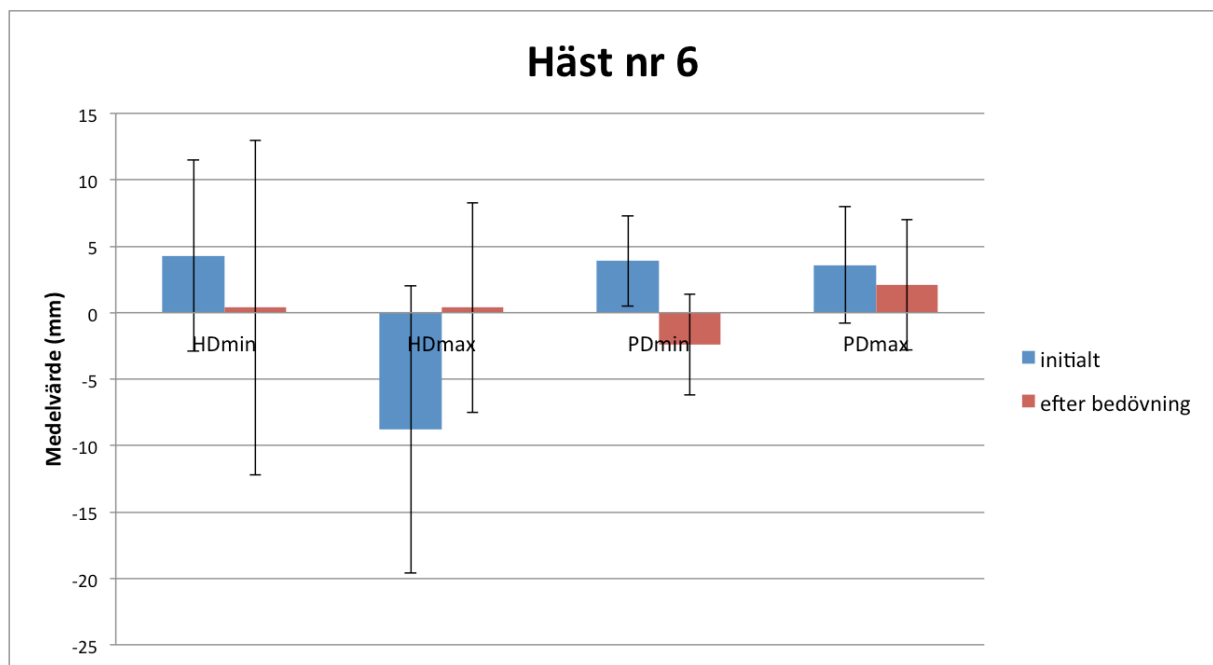
Vid den initiala mätningen ligger häst nr 5 (se tabell 6 samt figur 6) över gränsvärdet för hälta på -HDmin, -HDmax och +PDmin. Efter att låg nervblockad lagts på vänster fram minskar asymmetrin fram tydligt men +HDmax ökar. Bak minskar +PDmin men -PDmax ökar istället. SD för -HDmax initialt samt +PDmin efter bedövning ligger högre än respektive medelvärden.

Hästen visar initialt en hälta VF och HB. Efter att en nervblockad lagts på VF minskar hälтан på både det bedövade VF och det diagonala HB. Nu syns dock även lågradig hälta på de två återstående benen.

HÄST 6

Tabell 7. Resultat häst nr 6

Spår	Anestesi	Antal steg		HDmin (mm)	SD (mm)	HDmax (mm)	SD (mm)	PDmin (mm)	SD (mm)	PDmax (mm)	SD (mm)
		Fram	Bak								
Rakt	Initialt	28	33	4,3	7,2	-8,8	10,8	3,9	3,4	3,6	4,4
Rakt	HB kotled	39	39	0,4	12,6	0,4	7,9	-2,4	3,8	2,1	4,9



Figur 7. Resultat häst nr 6.

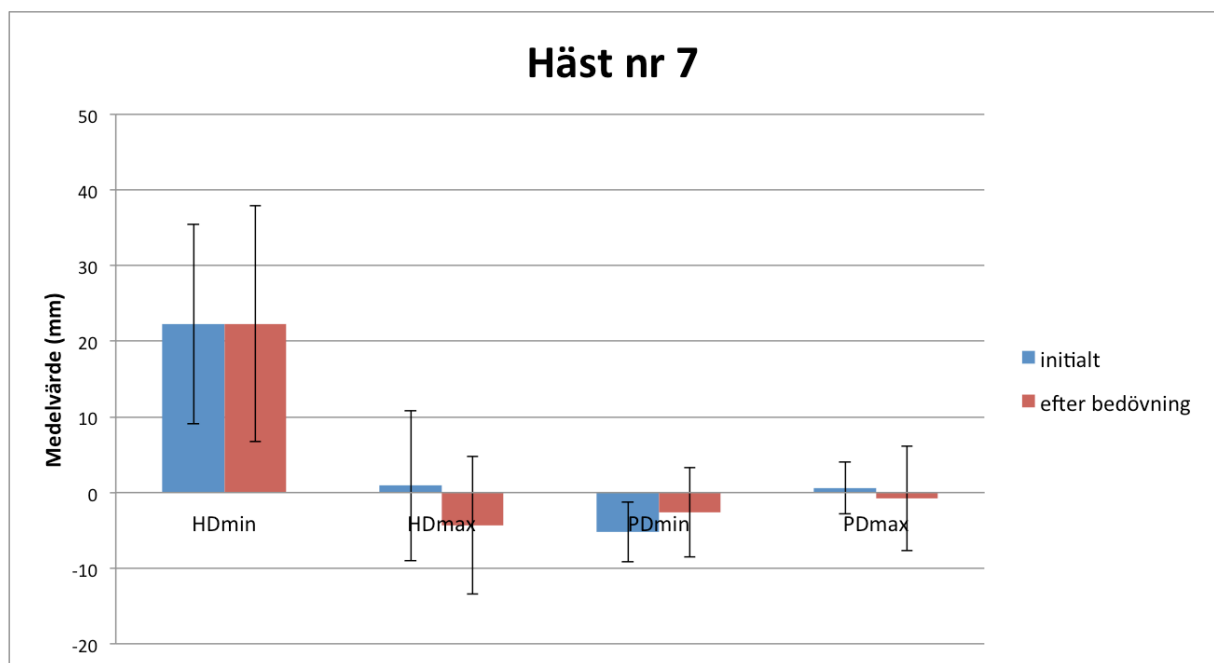
Vid den initiala mätningen ligger häst nr 6 (se tabell 7 samt figur 7) över gränsvärdet för hälta på -HDmax, +PDmin och +PDmax. Efter att kotleden bedövats på höger bak minskar både +PDmin och +PDmax och ligger nu under gränsvärdet. Fram ses en minskning av -HDmax som nu ligger under gränsvärdet. SD för -HDmax samt +PDmax initialt ligger högre än medelvärdet.

Denna häst visar initialt en hälta VF samt HB. Efter att en bedövning lagts på HB är hästen ohalt både på det bedövade HB och på VF som ej bedövats.

HÄST 7

Tabell 8. Resultat häst nr 7

Spår	Anestesi	Antal steg		HDmin (mm)	SD (mm)	HDmax (mm)	SD (mm)	PDmin (mm)	SD (mm)	PDmax (mm)	SD (mm)
		Fram	Bak								
Rakt	Initialt	25	25	22,3	13,2	0,9	9,9	-5,2	4,0	0,6	3,4
Rakt	VB knäled	21	21	22,3	15,6	-4,3	9,1	-2,6	5,9	-0,8	6,9



Figur 8. Resultat häst nr 7.

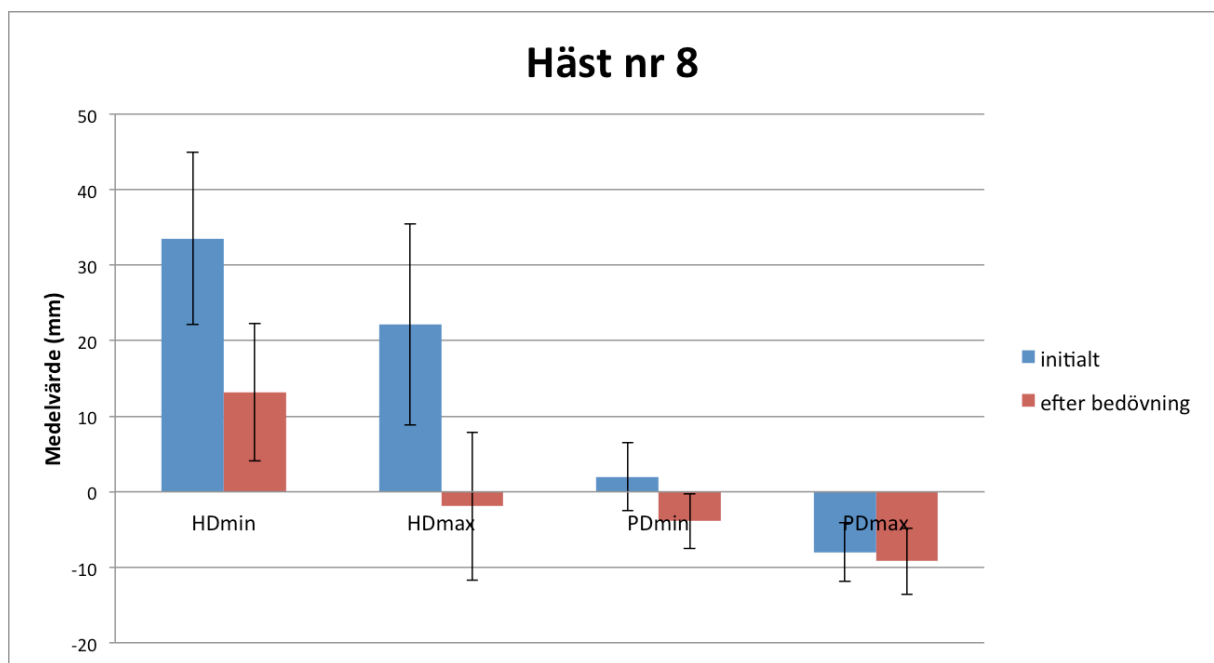
Vid den initiala mätningen ligger häst nr 7 (se tabell 8 samt figur 8) över gränsvärdet för hälta på +HDmin samt -PDmin. Efter bedövning av knäleden på vänster bak minskar -PDmin och ligger nu under gränsvärdet. +HDmin är däremot oförändrat.

Hästen visar alltså initialt en hälta både HF och VB. Efter bedövning på VB är den ohalt bak men hälta på HF påverkas dock inte.

HÄST 8

Tabell 9. Resultat häst nr 8

Spår	Anestesi	Antal steg		HDmin (mm)	SD (mm)	HDmax (mm)	SD (mm)	PDmin (mm)	SD (mm)	PDmax (mm)	SD (mm)
		Fram	Bak								
Rakt	Initialt	28	27	33,5	11,4	22,1	13,3	2,0	4,5	-8,0	3,9
Rakt	HF abaxial	28	27	13,2	9,1	-1,9	9,8	-3,9	3,6	-9,2	4,4



Figur 9. Resultat häst nr 8.

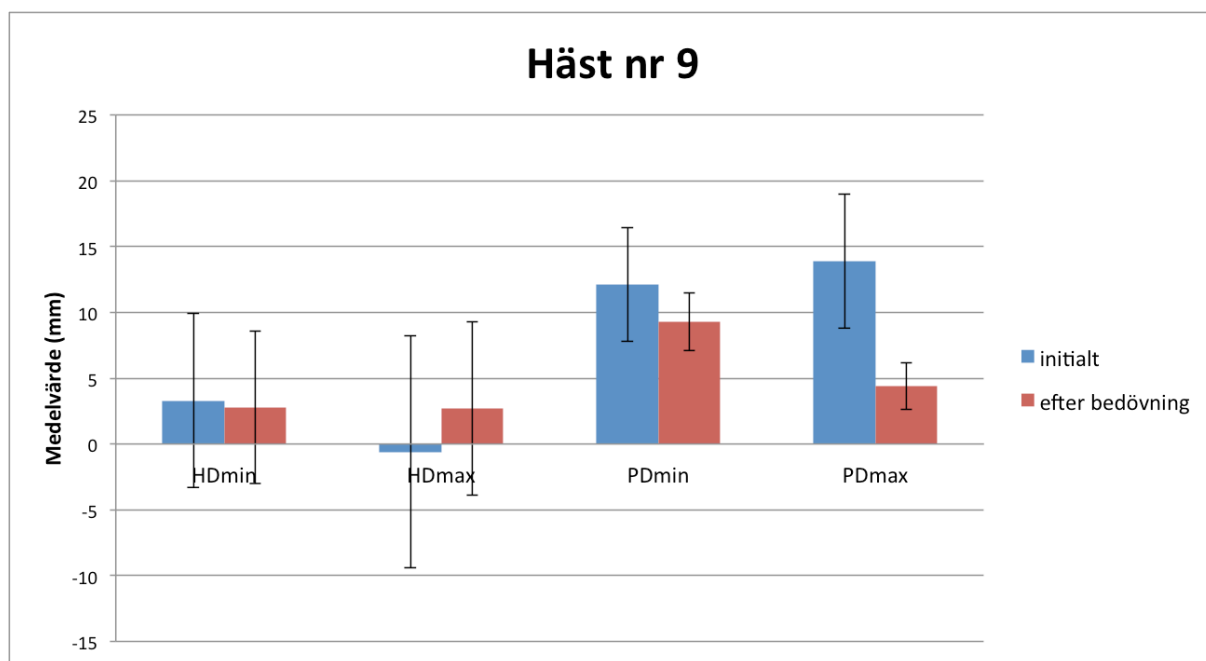
Vid den initiala mätningen ligger häst nr 8 (se tabell 9 samt figur 9) över gränsvärdet för hälta på +HDmin, +HDmax, samt -PDmax. Efter att en abaxial nervblockad lagts på höger fram minskar både +HDmin och +HDmax tydligt. Bak ökar -PDmin och även -PDmax ökar lite.

Denna häst visar initialt en hälta HF samt VB. Efter en nervblockad på HF minskar hälтан HF men ökar VB.

HÄST 9

Tabell 10. Resultat häst nr 9

Spår	Anestesi	Antal steg		HDmin (mm)	SD (mm)	HDmax (mm)	SD (mm)	PDmin (mm)	SD (mm)	PDmax (mm)	SD (mm)
		Fram	Bak								
Rakt	Initialt	24	24	3,3	6,6	-0,6	8,8	12,1	4,3	13,9	5,1
Rakt	HB kotled	31	31	2,8	5,8	2,7	6,6	9,3	2,2	4,4	1,8



Figur 10. Resultat häst nr 9.

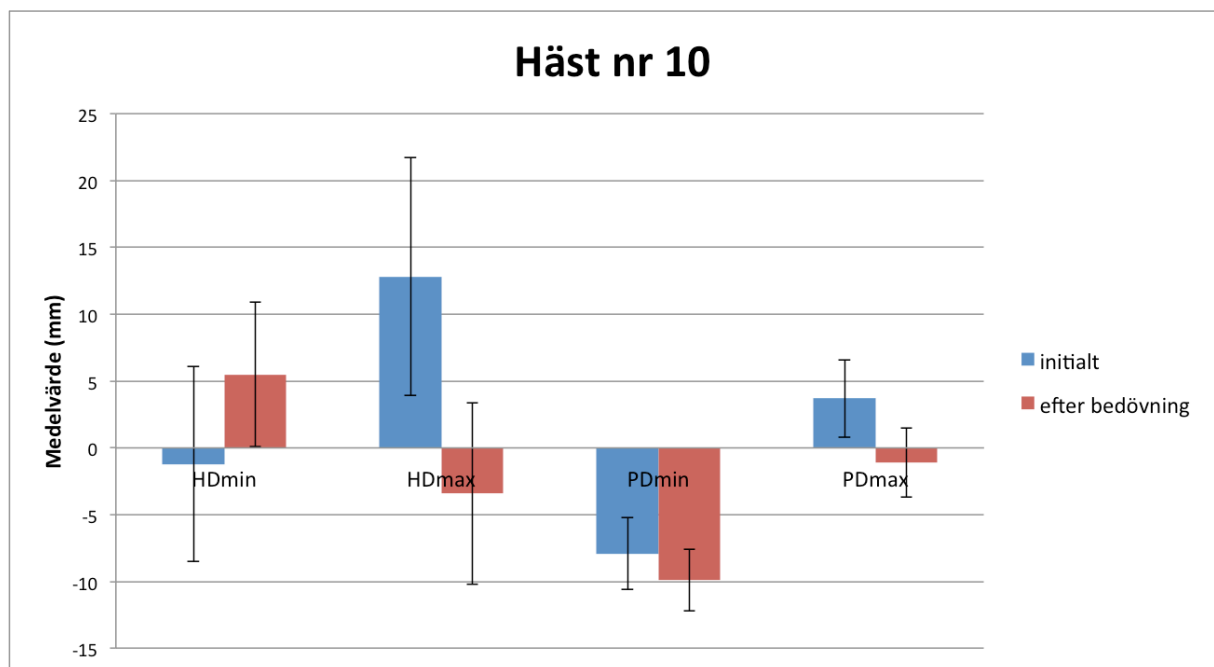
Vid den initiala mätningen ligger häst nr 9 (se tabell 10 samt figur 10) över gränsvärdet för hälta på +PDmin samt +PDmax. Efter bedövning av kotleden på höger bak minskar både +PDmin samt +PDmax bak. Fram visar hästen ingen asymmetri som ligger över gränsvärdet på 6mm vid någon av mätningarna.

Hästen visar initialt en hälta HB. Efter bedövning på HB minskar hälтан HB. Hästen är vid båda mätningarna ohalt fram.

HÄST 10

Tabell 11. Resultat häst nr 10

Spår	Anestesi	Antal steg		HDmin	SD	HDmax	SD	PDmin	SD	PDmax	SD
		Fram	Bak	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Rakt	Initialt	26	27	-1,2	7,3	12,8	8,9	-7,9	2,7	3,7	2,9
Rakt	HF låg	22	22	5,5	5,4	-3,4	6,8	-9,9	2,3	-1,1	2,6



Figur 11. Resultat häst nr 10.

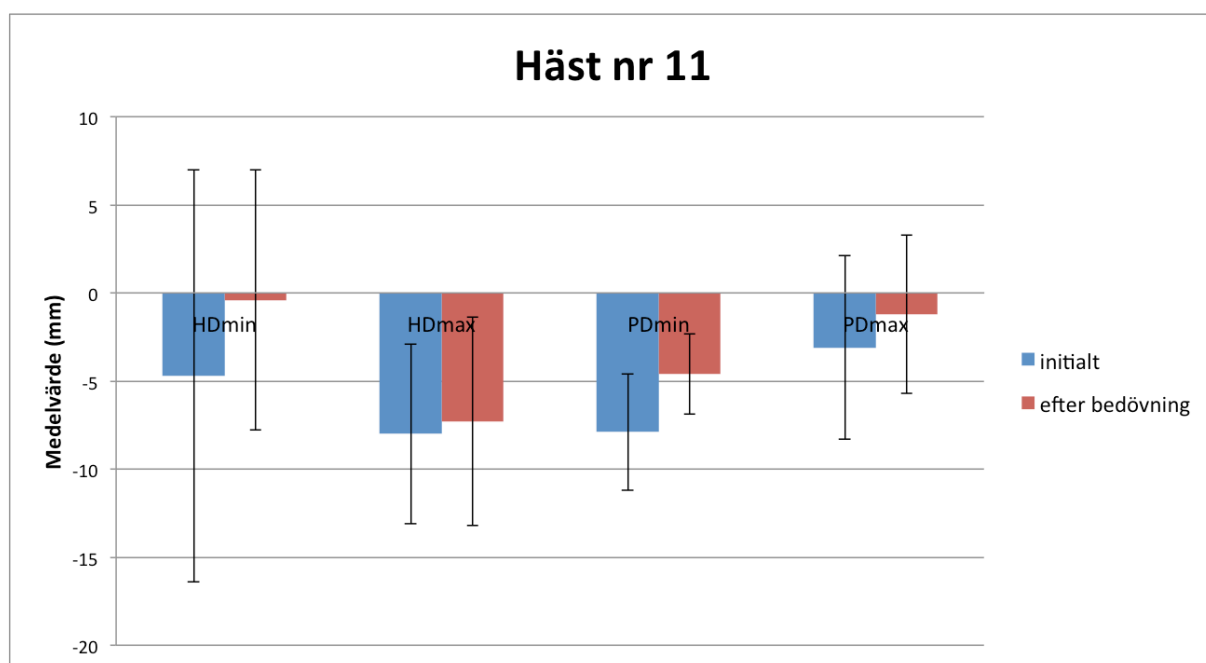
Vid den initiala mätningen ligger häst nr 10 (se tabell 11 samt figur 11) över gränsvärdet för hälta på +HDmax, -PDmin samt +PDmax. Efter att en låg nervblockad lagts på höger fram minskar +HDmax och ligger nu under gränsvärdet för hälta. Bak ses en ökning av -PDmin samt en minskning av +PDmax.

Denna häst är initialt halt HF, HB samt VB. Efter att bedövning lagts på HF är hästen nu ohalt HF. Bak minskar hältan HB men ökar VB.

HÄST 11

Tabell 12. Resultat häst nr 11

Spår	Anestesi	Antal steg		HDmin	SD	HDmax	SD	PDmin	SD	PDmax	SD
		Fram	Bak	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Rakt	Initialt	27	27	-4,7	11,7	-8	5,1	-7,9	3,3	-3,1	5,2
Rakt	VB knä	25	25	-0,4	7,4	-7,3	5,9	-4,6	2,3	-1,2	4,5



Figur 12. Resultat häst nr 11.

Vid den initiala mätningen ligger häst nr 11 (se tabell 12 samt figur 12) över gränsvärdet för hälta på -HDmax, -PDmin samt -PDmax. Efter en bedövning av knäleden på vänster bak minskar -PDmin och -PDmax, -PDmax ligger nu under gränsvärdet för hälta. Fram ses en liten minskning av -HDmax. SD för -PDmax initialt är högre än medelvärdet.

Denna häst visar initialt hälta VF samt VB. Efter bedövning på VB minskar hälтан VB men hälтан kvarstår VF.

DISKUSSION

Efter det att enskilda hästar eller deras mätvärden, av olika anledningar, exkluderats från studien (se Resultat) återstod slutligen 11 av 35 hästars mätvärden från Lameness Locator-systemet för vidare utvärdering. De två vanligaste anledningarna till att en häst, eller mätvärdena från en häst, exkluderades, var att det inte lades någon bedövning på hästen eller att ingen av de lagda bedövningarna släckte hältan på rakt spår i trav. Att ingen bedövning lades kunde till exempel bero på att det fanns en stark klinisk misstanke om skälet till hältan, t ex en hovböld eller senskada och att hästen därmed direkt skickades vidare för annan fortsatt diagnostik. Det förekom också att hästen vid undersökningen ej uppvisade hälta. Av de hästar vars mätvärden inkluderades i studien har en övervägande del bedömts som primärt bakbenshalta. Endast hos 3 av 11 hästar lades en anestesi på ett framben.

Efter analysen av mätningarna presenterar LL-systemet medelvärden för de asymmetrier som uppmätts. Positiva värden indikerar en hälta på ett högerben och negativa värden hälta på ett vänsterben. En författare menar att undantaget för denna regel är HDmax där det ännu ej är klarlagt till vilket ben man ska tillskriva asymmetrin (Keegan *et al.* 2012). Ett positivt HDmax (+HDmax) innebär att hästen höjer sitt huvud mer efter understödsfasen hos sitt vänstra framben än efter understödsfasen hos de högra. Detta kan antingen bero på att hästen har en belastningshälta och höjer huvudet innan isättning av det högra benet för att belasta det mindre. Alternativt kan det röra sig om att hästen upplever smärta när den trycker ifrån med vänsterbenet i den sista delen av understödsfasen. I det sistnämnda fallet innebär då ett +HDmax en hälta på vänster framben. Att ett +HDmax skulle indikera en hälta på ett högerben stämmer med tidigare studier av huvudets rörelser vid hälta (Buchner *et al.*, 1997; Rhodin *et al.*, 2013). Belastningshältor anses också vara den vanligaste typen av hälta (Ross, 2011b). Jag har därför i denna diskussion valt att tillskriva +HDmax till högerben och -HDmax till vänsterben. I den här studien ingick 3 hästar där bedövningen lades på ett framben. Hos häst nr 5 läggs en nervblockad på vänster fram som minskar ett -HDmax och på häst nr 8 och nr 10 läggs en nervblockad på höger fram som minskar ett +HDmax. Detta talar för att ett +HDmax i första hand ska tolkas som en höger frambenshälta och ett -HDmax som en vänster frambenshälta.

Hos häst nr 1 påverkar en bedövning av höger bakben både +HDmin och +HDmax hos samma sidas framben. Det verkar alltså som om den initiala höger bakbenshältan ger en kompensatorisk höger frambenshälta som sedan även den minskar efter bedövningen. Hos häst nr 2 ger en bedövning av vänster bakben en minskning av -HDmax vilket talar för att vi initialt på denna häst har en kompensatorisk vänster frambenshälta som minskar efter bedövningen. Samtidigt ses dock efter bedövningen en ökning av -HDmin som är svår att förklara bakgrunden till baserat på tidigare studier. Enligt dessa borde -HDmin minska till följd av en minskning av -PDmin och -PDmax. En förklaring skulle kunna vara att hästen har en samtidig äkta vänster frambenshälta som förvärras av motionen under undersökningen.

Flera av hästarna (nr 3,4,8,10) visar tecken på att ha haft hälta på mer än ett ben initialt. Detta ökar komplexiteten eftersom det kan dölja eller påverka kompensatoriska hältmekanismer och försvåra tolkningen av resultaten. Hästar som kommer för hältutredning har gått med sin rörelsestörning under en längre jämfört med de hästar med inducerade hältor som studerats i flertalet tidigare studier. Detta

borde kunna öka risken för att sekundära problem ska uppstå och att hästen så småningom blir halt på mer än ett ben.

Häst nr 3 är intressant då den initialt har en höger bakhälta och en vänster framhälta. Efter att en nervblockad lagts på höger bak försvinner bakhältan. Fram ökar dock -HDmin, det vill säga hältan på vänster fram. Detta skulle kunna bero på att det ursprungligen funnits en kompensatorisk höger framhälta som gjort hästen dubbelsidigt framhalt och därmed maskerat hältan på vänster fram. När bakhältan sedan bedövats bort försvinner även den kompensatoriska höger framheltan vilket skulle kunna förklara att hältan på vänster fram framträder tydligare.

Häst nr 4 visar ett liknande mönster. Den är initialt halt på höger bak. Efter bedövning som släcker hältan på detta ben visar den nu en tydlig hälta på vänster fram. På samma sätt som hos häst nr 3 kan denna initialt ha dolts av en kompensatorisk hälta på höger fram. Häst nr 4 är efter bedövning också lindrigt halt på vänster bak. Detta kan ha påverkat hältan på höger bak initialt och gjort denna mindre eftersom det verkar som att det finns ett dubbelsidigt problem bak. Dubbelsidiga hältor kan på detta sätt tänkas försvåra tolkningen eftersom de kan påverka den initiala hältan.

Häst nr 10 har ett +HDmax, som tolkas som en hälta på höger fram, som försvinner efter att en låg nervblockad lagts på detta ben. Enligt det som setts i tidigare studier (Kelmer *et al.*, 2005; Rhodin *et al.* 2013) borde ett +HDmax ge ett kompensatoriskt +PDmin som sedan minskar efter bedövningen. Eftersom man här ser en ökning av -PDmin skulle det kunna vara så att den här hästen har en samtidig vänster bakbenshälta som då syns tydligare när den kompensatoriska +PDmin minskar. Hästen har även ett +PDmax som minskar efter bedövningen. Detta stämmer ej med det som setts i tidigare studier då en höger frambenshälta borde ge ett -PDmax som sedan minskar efter bedövningen.

Häst nr 8 kan också tänkas uppvisa ett liknande mönster. En bedövning på höger framben minskar här tydligt höger frambenshälta men ökar -PDmin, det vill säga hältan på vänster bak. Enligt studien av Rhodin *et al.* (2013) borde en minskning av +HDmax ge en minskning av +PDmin, det vill säga en kompensatorisk höger bakhälta som minskar. Detta ses hos denna häst men efter bedövningen syns istället ett -PDmin som ligger över gränsvärdet. Detta skulle kunna tolkas som att denna häst haft en initial vänster bakbenshälta som dolts av en kompensatorisk högtersidig ipsilateral bakbenshälta. -PDmax ökar marginellt efter bedövning. Denna borde enligt tidigare studier minska när +HDmin minskar men gör ej det vilket även detta kan betyda att det finns en initial vänster bakbenshälta hos den här hästen.

Hos de hästar som vid den initiala mätningen samtidigt visar en hälta både på ett fram- och på ett bakben är det möjligt att en av hältorna är kompensatorisk. Det går dock inte att bara utifrån denna observation avgöra huruvida det förhåller sig så. Detta eftersom det också kan röra sig om en samtidig äkta fram- och bakbenshälta. Genom att lägga en bedövning som släcker, det vill säga tydligt minskar asymmetrin på det ben den lagts, kan man få mer information. Om man genom att lägga en bedövning på ett ben kan påverka asymmetrin både fram och bak talar det för att den hästen har en kompensatorisk hälta. Exempel på detta bland de hästar som studerats är häst nr 1, 2, 3, 4, 8 och 10.

Fem av de inkluderade hästarna i den här studien (nr 5, 6, 7, 9 och 10) visar inga tecken på kompensatoriska hältor enligt de mönster som setts i tidigare studier (Uhlir *et al.*, 1997; Kelmer *et al.*, 2005; Maliye *et al.*, 2013; Rhodin *et al.*, 2013). Hos två av dem, nummer 5 och 6, påverkar dock bedövningen hältan på ett annat ben men det följer inte de mönster som tidigare setts.

Hos häst nr 5 läggs en bedövning på vänster framben som minskar -HDmin och -HDmax, det vill säga minskar hältan på vänster fram. Detta påverkar även +PDmin bak. +PDmin minskar procentuellt ungefär lika mycket som -HDmin. Dock borde en vänster frambenshäla, enligt de studier som gjorts (Kelmer *et al.*, 2005; Rhodin *et al.* 2013), ge ett -PDmin som sedan minskar med bedövning. Här är det tvärt om så att det ser ut som en kompensatorisk häla som minskar efter bedövning men det följer ej de mönster som tidigare setts. Efter bedövning ses även ett ökat -PDmax samt ett ökat +HDmax. Dessa skulle kunna representera både en underliggande höger fram- och vänster bakbenshäla eller kompensatoriska mekanismer.

Häst nr 6 är lindrigt halt på höger bak (+PDmin och +PDmax över gränsvärdet) och har ett -HDmax som ligger över gränsvärdet på -6mm. Efter bedövning som släcker hältan på höger bak påverkas även -HDmax och ligger nu nära noll. Enligt studier som gjorts borde en höger bakbenshäla ge en kompensatorisk höger frambenshäla (Kelmer *et al.*, 2005; Rhodin *et al.* 2013). Här ser vi istället hur en släckning av en höger bakbenshäla påverkar ett -HDmax.

Hos häst nr 7 läggs en bedövning på vänster bak och denna släcker bakbenshältan men har ingen påverka på hältan fram. Om det hade funnits en kompensatorisk vänster frambenshäla initialt borde +HDmin ha ökat efter bedövningen. Häst nr 9 har en häla på höger bak som minskar vid bedövning av kotleden. Trots att denna häst har en tydlig häla bak ses ingen kompensatorisk häla fram. Asymmetrin fram ökar heller inte efter bedövning vilket man hade kunnat förvänta sig om det hade funnits en samtidig häla på vänster fram som dolts av en kompensatorisk häla på höger fram. Hos häst nr 11 minskar en bedövning av knäleden på vänster fram tydligt både -PDmin och -PDmax. Den här hästen borde ha kunnat ha en kompensatorisk häla på vänster fram men -HDmax minskar endast mycket lite. Denna häst tycks ej visa någon kompensatorisk häla.

Av de utvärderade 11 hästarna uppvisar således 6 kompensatoriska hältmekanismer som liknar de som observerats i tidigare studier på hästar med inducerad häla (Uhlir *et al.*, 1997; Kelmer *et al.*, 2005; Maliye *et al.*, 2013; Rhodin *et al.*, 2013). Detta talar för att kompensatoriska hältor finns även hos kliniskt halta hästar. Två av de 11 hästarna, nummer 5 och 6, uppvisade hältor som trots att de låg på andra ben än de bedövade ändå påverkades av bedövningen. Dessa liknar kompensatoriska hältor men mönstret stämmer inte med det som redovisats i tidigare studier av kompensatoriska hältor på kliniska fall. Dessa atypiska resultat kan dels tänkas representera andra typer av kompensationer än de som tidigare observerats, dels kan de tänkas vara orsakade av andra samtidigt förekommande hältor.

Endast hos tre av hästarna påverkar en bedövning som läggs inte symmetrin i den motsatta delen av kroppen. Detta indikerar att en bedövning som läggs på att framben vanligen påverkar symmetrin hos bakbenen och tvärt om.

Flera av hästarna har mätvärden som om de tolkas i enighet med tidigare studier visar på en initial hälta på mer än ett ben. Detta talar för att det är vanligt att det finns initial hälta på mer än ett ben. När hästen är primärt halt på mer än ett ben ökar komplexiteten i bedömningen eftersom hältor på andra ben både kan dölja eller döljas av kompensatoriska hältor.

Det finns i dagsläget ingen ”gold standard” för bedömning av hälta hos häst. Den traditionella visuella bedömningen har i flera studier visat sig ha för dålig reproducerbarhet, speciellt vid lägre grader av hälta. Det finns i dagsläget heller inget objektivt system som är tillräckligt utvärderat för att få klassas som ”gold standard”. Detta är ett problem i studier som syftar till att utveckla och validera nya system för objektiv bedömning av hälta hos häst eftersom det inte finns någon metod att göra en bra jämförelse med. Vid studier där objektiva mätsystem används på kliniska fall blir osäkerheten ännu större eftersom man inte med någon större säkerhet kan avgöra vilka ben hästarna är halt på eller vilken grad av hälta hästarna i studien har. Det är därför önskvärt att objektiva system som ska användas i studier på kliniska fall har utvärderats gällande specificitet och sensitivitet.

Lameness Locator (LL) är kommersiellt tillgängligt och systemet har utvärderats i ett antal studier (Keegan *et al.* 2004;2011;2012; McCracken *et al.*, 2012; Marshall *et al.*, 2012; Maliye *et al.* 2013), framförallt av Keegan *et al.* som utvecklat systemet. Det har även använts i ett antal studier för att exempelvis studera hästarnas rörelsemönster eller utvärdera olika ortopediska behandlingar, däribland: Rhodin *et al.* (2013) Schumacher *et al.* (2013) Taintor *et al.* (2014) Azevedo *et al.* (In press). Systemet är enkelt att arbeta med och det går snabbt att fästa utrustningen på hästen. De diagram i vilken data presenteras är lättöverskådliga och lätta att på ett snabbt sätt enkelt förklara för djurägarna. Det har också visat sig ha en tillräcklig repeterbarhet även under varierande förutsättningar liknande den normala kliniska verksamheten och är även lämpligt för användning i fält (Keegan *et al.*, 2011).

LL systemet kan ännu inte sägas vara fullt utvärderat för användning på kliniska fall. Fler studier behövs där man undersöker sensitiviteten hos systemet, exempelvis på ett större antal hästar med inducerade hältor. Mätningar behöver också utföras på ohalt hästar för att kunna dra slutsatser om systemets specificitet. Keegan *et al.* (2011) anser själva att systemet bör jämföras med andra objektiva system som kraftmätningssystem och videobaserad kinematisk rörelseanalys. En sådan studie har utförts där systemets detektion av frambenshältor jämfördes med den utförd med kraftmätningssystem (Keegan *et al.*, 2012) och en där systemet jämfördes med ett videobaserat system (Keegan *et al.*, 2004). Vidare behöver de gränsvärden som är satta för systemet utvärderas ytterligare. Det kan ännu ej anses vara utrett vart gränsen går för när en asymmetri ska klassas som en hälta. Det kan också tänkas finnas skillnader mellan hästar av olika storlek och ras gällande detta. Erfarenhet från den här studien visar att en stor nackdel med systemet är att det är svårt att exkludera felaktig data. Om en häst inte rör sig representativt, till exempel kastar med huvudet, under en vända längs löpargången går det inte selektivt att plocka bort de stegen utan hela mätningen måste göras om. Översikten över vilka data som av själva mjukvarusystemet plockas bort vid analysen är också bristfällig.

Dubbelsidiga framhälor är relativt vanliga hos kliniskt halta hästar (Ross, 2011b). Eftersom Lameness Locator systemet mäter asymmetrin mellan de båda frambenen kan dessa missas av systemet om de är av samma grad (Keegan *et al.*, 2012). För att upptäcka denna typ av hälor är det rekommenderat att man undersöker hästen på böjt spår (Baxter & Stashak, 2011; Ross, 2011b). Här behövs fler studier för att ta fram gränsvärden även för det böjda spåret. Det är också visat att det böjda spåret i sig orsakar asymmetrier som man måste ta hänsyn till (Rhodin *et al.*, 2013).

FELKÄLLOR

När man tolkar resultaten vid studier som denna ska man beakta att enligt många veterinärers kliniska erfarenhet finns det hälor som förändras efter motion. Vissa typer av hälor verkar minska efter motion, vanligen refererat till som att ”hältan värmer ur”. Det verkar också finnas hälor som förvärras ju mer hästen får röra på sig. Det finns dock ännu inga studier som har undersökt huruvida det förhåller sig så. Baserat på tidigare studier rekommenderar tillverkaren av Lameness Locator att man inkluderar minst 25 steg vid en mätning. I denna studie har vissa hästar, på grund av begränsningar i löpargångens längd, endast mätts under 21-24 steg, vilket kan ha gjort mätresultaten för dessa hästar mer osäkra. Sensorer som hamnat snett och inte upptäckts eller liknande kan också ha påverkat mätresultatet.

FRAMTID

Den här studien visar att det finns kompensatoriska hältmekanismer hos kliniskt halta hästar. Det krävs dock ett större underlag för att kunna konstatera i vilken utsträckning det förhåller sig så i den generella populationen. Ett större underlag behövs även för att kunna dra några slutsatser angående egenskaperna hos dessa kompensatoriska hältmekanismer. En intressant frågeställning är huruvida kompensatoriska hälor förekommer hos alla halta hästar eller om de uppkommer under specifika förhållanden, exempelvis när den primära hältan har nått en viss grad. Det skulle också vara intressant att undersöka om uppkomsten av kompensatoriska hältmekanismer påverkas av sådant som den underliggande orsaken till hältan och hur länge hältan har funnits hos hästen vid undersökningen. Påverkar typ av smärta och om smärtan är akut eller kronisk? I den här studien observerades hos vissa hästar något som liknar kompensatoriska mekanismer men som ej stämmer med de mönster som setts i tidigare studier på inducerade fall. Det skulle vara intressant att undersöka om kliniska fall är mer heterogena i sina kompensationsmönster och uppvisar fler typer av kompensationer än de som tidigare observerats hos inducerade fall.

I studier av inducerade hälor har man tidigare funnit att en hälta på ett bakben ger upphov till en mycket större kompensatorisk frambenshälta än i det omvända fallet. Det skulle vara av intresse att se om det förhåller sig så även hos kliniskt halta hästar eftersom det skulle påverka den kliniska tolkningen av hästar med samtidig fram- och bakbenshälta. Vidare skulle studier av hur kompensatoriska hältmekanismer eventuellt påverkar kliniskt halta hästars rörelsemönster på volt vara av stort värde för både den visuella och den objektiva bedömningen av halta hästars rörelser på det böjda spåret.

Av de hästar som inkommer till UDS är en betydande del remissfall som redan har utretts av andra veterinärer och där bedövningar har lagts men orsaken till hältan har ej kunnat fastställas. Man kan spekulera i om en framtida studie borde göras på en primärklinik. Det är möjligt att andelen hästar för vilka anestesin släcker hältan då skulle vara större och det av den anledningen att de inte redan bedövats utan att erhålla önskat resultat vid en tidigare undersökning på en annan klinik. Det skulle även kunna vara så att hästarna på en primärklinik gått en kortare tid med sina problem och därmed att färre sekundära problem uppkommit.

TACK

Jag vill rikta ett stort tack till mina handledare Karin och Marie för ert stora engagemang, positiva inställning och all hjälp under arbetets gång.

Tack också till min examinator, Pia, för dina givande kommentarer.

Jag vill tacka veterinärer och TA på polikliniken vid UDS som varit fantastiska vid insamlandet av data för ett gott samarbete och roliga dagar.

Djurägare till de hästar som medverkat i studien tackas för att ni låtit era hästar vara med och för de extra vändor ni sprungit i håltgången, utan er hade det inte blivit någon studie.

Kristoffer för allt du lärt mig om objektiv rörelseanalys och för intressanta diskussioner.

Min mamma Kristina för stöd under arbetet och hjälp med korrekturläsning av texten.

REFERENSER

Arkell, M., Archer, R., Guitian, F & May, S. (2006). Evidence of bias affecting the interpretation of the results of local anaesthetic nerve blocks when assessing lameness in horses. *The Veterinary Record*, vol. 159, ss. 346-349.

Azevedo, M., La Côte, F., Brass, K., Gallio, M., Pozzobon, R., Lopes, M. & Lopes, L. (In press). The use of xylazine or acepromazine does not interfere in the lameness evaluation by inertial sensors. *In press Journal of Equine Veterinary Science*.

Baxter, G. & Stashak, T. (2011). Examination for lameness. I: Baxter, G. (ed.), *Adams & Stashak's Lameness in Horses*. 6 ed. West Sussex: Blackwell Publishing, ss. 109-150.

Buchner, H., Svavelberg, H., Schamhardt, H. & Barneveld, A. (1996). Head and trunk movement adaptations in horses with experimentally induced fore- or hindlimb lameness. *Equine Veterinary Journal*, vol. 28, ss. 71-76.

Egenvall, A., Penell, J., Bonett, B., Olson, P. & Pringle, P. (2006). Mortality of Swedish horses with complete life insurance between 1997 and 2000: variations with sex, breed and diagnosis. *The Veterinary Record*, vol. 158, ss. 397-406.

Keegan, K., Pai, P., Wilson, B. & Smith, B. (2001). Signal decomposition method of evaluating head movement to measure induced forelimb lameness in horses trotting on a treadmill. *Equine Veterinary Journal*, vol. 33, ss. 446-451.

Keegan, K., Yonezawa, Y., Pai, F., Wilson, D. & Kramer, J. (2004). Evaluation of a sensor-based system for detection and quantification of forelimb and hind limb lameness in horses. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 65, ss. 665-670.

Keegan, K., Dent, E., Wilson, D., Janicek, J., Kramer, J., Lacarurubba, A., Walsh, D., Cassells, M., Esther, T., Schiltz, P., Frees, K., Wilhite, C., Clark, J., Pollitt, C., Shaw, R. & Norris, T. (2010). Repeatability of subjective evaluation of lameness in horses. *Equine Veterinary Journal*, vol. 42, ss. 92-97.

Keegan, K., Kramer, J., Yonezawa, Y., Maki, H., Pai, F., Dent, E., Kellerman, T., Wilson, D. & Reed, S. (2011). Assessment of repeatability of a wireless inertial sensor-based lameness evaluation system for horses. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 72, ss. 1156-1163.

Keegan, K., MacAllister, C., Wilson, D., Gedon, C., Kramer, J., Yonezawa, Y., Maki, H. & Pai, F. (2012). Comparison of an inertial sensor system with a stationary force plate for evaluation of horses with bilateral forelimb lameness. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 73, ss. 368-374.

Kelmer, G., Keegan, K., Kramer, J., Wilson, D., Pai, F. & Singh, P. (2005). Computer-assisted kinematic evaluation of induced compensatory movements resembling lameness in horses trotting on a treadmill. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 66, ss. 646-655.

Kramer, J., Keegan, K., Kelmer, G. & Wilson, D. (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*, vol. 65, ss. 741-747.

Maliye, S., Voute, L., Lund, D. & Marshall, J. (2013). An inertial sensor-based system can objectively assess diagnostic anaesthesia of the equine foot. *Equine Veterinary Journal*, vol. 45, ss. 26-30.

Marshall, J., Lund, D. & Voute, L. (2012). Use of a wireless inertial sensor-based system to objectively evaluate flexion tests in the horse. *Equine Veterinary Journal*, vol. 44, ss. 8-11.

May, S. & Wyn-Jones G. (1987). Identification of hindleg lameness. *Equine Veterinary Journal*, vol. 19, ss. 185-188.

McCracken, M., Kramer, J., Keegan, K., Lopes, M., Wilson, D., Reed, S., LaCarrubba, A. & Rasch, M. (2012). Comparison of an inertial sensor system of lameness quantification with subjective lameness evaluation. *Equine Veterinary Journal*, vol. 44, ss. 652-656.

Parkes, R., Weller, R., Groth, A., May, S. & Pfau, T. (2009). Evidence of the development of a "domain-restricted" expertise in the recognition of asymmetric motion characteristics of hindlimb lameness in the horse. *Equine Veterinary Journal*, vol. 41, ss. 112-117.

Penell, J., Egenvall, A., Bonett, B., Olson, P. & Pringle, P. (2005). Specific courses of morbidity among Swedish horses insured for veterinary care between 1997 and 2000. *The Veterinary Record*, vol. 157, ss. 470-477.

Pfau, T., Stubbs, N., Kaiser, L., Brown, L. & Clayton, H. (2012). Effect of trotting speed and circle radius on movement symmetry in horses during lunging on a soft surface. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 73, ss. 1890-1899.

Rhodin, M., Pfau, T., Roepstorff, L. & Egenvall, A. (2013). Effect of lungeing on head and pelvic movement asymmetry in horses with induced lameness. *The Veterinary Journal*, vol. 198, ss. 39-45.

Ross, M. (2011a). Lameness in horses: basic facts before starting. I: Ross, M. & Dyson, S. (ed.) *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. 2 ed. Missouri: Elsevier Saunders, ss. 3-8.

Ross, M. (2011b). Movement. I: Ross, M. & Dyson, S. (ed.) *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*. 2 ed. Missouri: Elsevier Saunders, ss. 64-80.

Schumacher, J., Taintor, J., Schumacher, J., Degraives, F., Schramme, M. & Wilhite, R. (2013). Function of the *ramus communicans* of the medial and lateral palmar nerves of the horse. *Equine Veterinary Journal*, vol. 45, ss. 31-35.

Starke, S., Willems, E., May, S. & Pfau, T. (2012). Vertical head and trunk movement adaptations of sound horses trotting in a circle on a hard surface. *The Veterinary Journal*, vol. 193, ss. 73-80.

Taintor, J., Wright, J., Caldwell, F., Dymond, B. & Schumacher, J. (2014). Efficacy of an extract of blue-green algae in amelioration of lameness caused by degenerative joint disease in the horse. *Journal of Equine Veterinary Science*, vol. 34, ss. 1197-1200.

Uhlir, C., Licka, T., Kübber, P., Peham, C., Scheidl, M. & Girtler, D. (1997). Compensatory movements of horses with a stance phase lameness. *Equine Veterinary Journal*, vol. 23, ss. 102-105.

Weishaupt, M., Weistner, T., Hogg, H., Jordan, P. & Auer, J. (2004). Compensatory load redistribution of horses with induced weightbearing hindlimb lameness trotting on a treadmill. *Equine Veterinary Journal*, vol. 36, ss. 727-733.

Weishaupt, M., Weistner, T., Hogg, H., Jordan, P. & Auer, J. (2006). Compensatory load redistribution of horses with induced weight-bearing forelimb lameness trotting on a treadmill. *The Veterinary Journal*, vol. 171, ss. 135-146.

Weishaupt, M. (2008) Adaptation strategies of Horses with Lameness. *Veterinary Clinics Equine Practice*, vol 24, ss. 79-100.