

# Prevalensen av rörelseasymmetrier hos ridhästar i träning

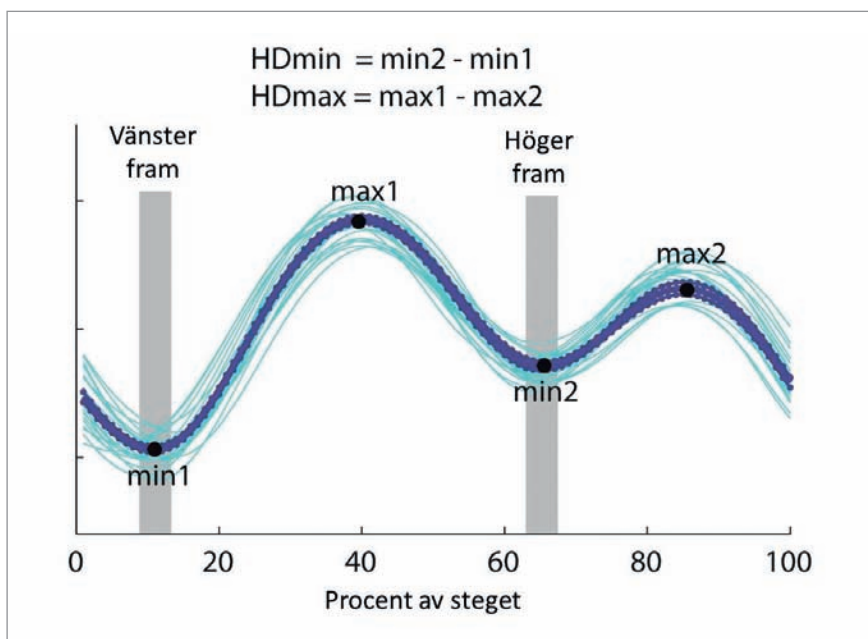
När en häst blir halt får den ett asymmetriskt rörelsemönster vilket veterinären bedömer för att utreda en hälta. Den subjektiva bedömningen har dock visat sig vara svår och därför har teknik utvecklats för att mäta symmetrin i rörelsemönstret hos hästar. I denna studie har rörelseanalyser utförts på ett stort antal hästar i träning, som inte upplevs som halt av ägaren, för att uppskatta prevalensen av rörelseasymmetrier hos en grupp väl presterande ridhästar. Artikeln är en sammanfattning av en internationellt publicerad artikel i PlosOne i ett samarbete med Royal Veterinary College, Storbritannien (19).



## granskad artikel

### BAKGRUND

Skador i rörelseapparaten är den mest frekventa orsaken till att hästar behandlas av veterinär (3, 13) och det vanligaste symtomet är att hästen blir halt. För att lokalisera smärtan och patologin som orsakar hältn, görs en hältutredning där avvikelser i rörelsemönstret är det centrala undersökningsmomentet. Veterinären avgör subjektivt om hästen rör sig asymmetriskt och om asymmetrin är tillräckligt stor för att vara kliniskt signifikant. Därefter används ofta diagnostiska anestesier för att lokalisera var smärtan kommer ifrån och skillnaden i symmetri före och efter bedövningen bedöms. Den subjektiva bedömningen har dock visat sig vara svår med låg samstämmighet mellan veterinärer som följd



FIGUR 1. Figuren visar huvudets vertikala rörelse under en stegcykel hos en höger frambenshalt häst. När hästen belastar vänster framben sjunker huvudet ned mer för att avlasta höger framben. Skillnaden mellan de två lägsta positionerna (HDmin) och de högsta positionerna (HDmax) kan beräknas och ger ett mått på hur halt hästen är. HDmin-asymmetri indikerar en belastningshälta och HDmax-asymmetri indikerar en frånskjutshälta. De grå staplarna visar mitten av belastningsfasen för vänster respektive höger framben.

och bedömningen påverkas lätt av veterinärens förväntningar (1, 5, 6, 7). Att objektivt mäta hälta har därför varit i fokus för biomekanisk hästforskning under flera årtionden. Ett antal system har utvecklats som mäter symmetrin i rörelsen hos hästar som travar (8, 16) och ett stort antal kliniker runt om i världen använder sig nu av sådan utrustning vid hältutredningar för att få en mer sensitiv och korrekt bedömning.

Mätning av rörelsesymmetri kan göras med små sensorer som fästs på nackens och korsets högsta punkter (8). Dessa mäter vertikal acceleration som sedan beräknas om till positionsdata för huvudet och korset, vilka har en sinus-

formad rörelse med två minima och två maxima per stegcykel. Mitt i belastningsfasen av respektive diagonal inträffar de lägsta positionerna och i svänningsfasen efter frånskjutet för respektive diagonal inträffar de två högsta positionerna. När hästen blir halt blir denna rörelse asymmetrisk och hästen sjunker ned mindre på det halta benet och kan även skjuta ifrån sämre med det halta benet beroende på typ av hälta. Skillnaden i vertikal amplitud mellan de två minima i varje travsteg är ett bra mått på belastningshälta, för en frambenshälta mäter man huvudet (HDmin) och för en bakbenshälta mäter man pelvis (PDmin). Skillnaden mellan de högsta positionerna ►

- efter frånskjutet från respektive diagonal indikerar en frånskjutshälta fram (HDmax) eller bak (PDmax) (Figur 1). För mätningar på rakt spår har tröskelvärden tagits fram för när en rörelseasymmetri kan anses signifikant (8).

I flera studier har man visat att ett stort antal hästar, som av sina ägare uppfattas som ohalta och väl fungerande i träning, har ett asymmetriskt rörelsemönster. I en studie undersöktes 506 hästar och vid subjektiv bedömning utförd av en veterinär ansågs 46 procent vara halta (4). I en studie av Landman och medarbetare (9) konstaterades att 19,5 procent av 399 hästar, som veterinärbesiktigades inför köp, var minst två grader halta på en skala 0–5. Ingen av dessa studier kvantifierade objektivt graden av hälta, fördelningen av fram-/bakbenschälto, eller hur hälтан påverkades om hästen longerades. Information om asymmetriernas kopplingar till ras, kön, disciplin och tävlingsnivå saknades också.

### Longering

Longering, när hästen rör sig på en cirkel, är ett vanligt moment vid en hältutredning och besiktning. Det böjda spåret introducerar asymmetrier i rörelsemönstret även hos friska hästar vilket är en viktig kunskap för att inte missta friska hästar för att vara halta (18). I en studie där en hälta inducerades, via sultryck med en skruv, kunde man se att asymmetrin som uppstår på grund av det böjda spåret förstärkte hälтан i ena varvet och minskade den när hästen sprang åt andra hållet (17). Hittills har forskningsstudier av den voltberoende asymmetrin utförts på ett mindre antal hästar (14, 15, 17), på hästar där hälta inducerats (17) och på hästar som rör sig symmetriskt på rakt spår (18). En djupare förståelse för hur dessa komplexa voltasymmetrier påverkar ett stort antal hästar som rör sig asymmetriskt skulle kunna hjälpa till med tolkningen av symmetrimätningar och den subjektiva bedömningen vid både hältutredningar och vid besiktning inför köp.

Syftet med studien var att undersöka prevalensen av rörelseasymmetrier i trav på rakt spår hos en population av väl fungerande ridhästar i träning som ansågs ohalta av sina ägare. Vi ville även



FIGUR 2. Symmetrin i rörelsemönstret mättes när hästarna travades på rakt spår på ett hårt underlag och vid longering på mjukt underlag med voltstorlek 10–15 meter.

se hur asymmetrier påverkas vid longering och om det finns någon koppling mellan grad samt typ (bak-/framben, belastning/påskjuts) av asymmetri och hästens ålder, kön, storlek, tävlingsdisciplin/-nivå när hästen travar på rakt spår.

### MATERIAL OCH METODER

#### Hästar

Till studien inkluderades 222 ridhästar, främst via personliga kontakter men även via annonsering i socialt medium (Facebook) och annonsering på en internetbaserad hästkunskapssida (HästSverige.se). För att inkluderas skulle hästen vara av varmbloodstyp, högre än 148 cm i mankhöjd, i tävlingskondition, ohalt enligt ägaren, inte ha haft någon ortopedisk skada/hälta de senaste sex månaderna och fungera väl i träning.

#### Studieprotokoll

Tränings-/tävlingsdisciplin och -nivå, kön, ras, ålder och mankhöjd registrerades för alla hästar. Symmetrin i rörelsemönstret mättes när hästarna travades på rakt spår på ett hårt underlag och vid longering på mjukt underlag med voltstorlek 10–15 meter (Figur 2).

#### Objektiv rörelseanalys

Ett sensorbaserat rörelseanalyssystem (Lameness Locator) användes för att mäta symmetrin i hästarnas rörelse-

mönster i trav. Systemets två sensorer med accelerometrar fästes på huvudet och på korset, vilka mätte den vertikala accelerationen. En tredje sensor fästes på hästens högra framben, där man med hjälp av gyrometri registrerade stegcykeln. Data överfördes från sensorerna via bluetooth till en dator med specialprogrammerad mjukvara. Alla mätningar videofilmades för kontroll av avvikande rörelser som kunde påverka datakvaliteten vid registreringer.

#### Dataanalys

Skillnaden i minimihöjd för huvudet (HDmin) och bäckenet (PDmin) mellan höger och vänster understödsfas samt skillnader i maxhöjd för huvudet (HDmax) och bäckenet (PDmax) efter höger och vänster understödsfas beräknades för varje mätning. För att hästarna skulle klassas som asymmetrisk skulle absolutvärdet av medelvärdet för HDmin och/eller HDmax vara  $\geq 6$  mm samt vara högre än standardavvikelsen (SD), eller med samma resonemang PDmin och/eller PDmax vara  $\geq 3$  mm för rakt spårsmätningen.

#### Statistisk analys

Deskriptiv statistik beräknades och associationen mellan de fyra symmetrivariablerna på rakt spår och vid longering genom regressionsanalys. Mixade mo-

deller skapades i statistikprogramvaran SAS för att analysera hur ålder, mankhöjd, disciplin och tävlingsnivå (förklarande variabler) påverkade symmetrimåtten (beroendevariabler). Varje förklarandevariabel testades som fix effekt en i taget och riktningen på volten (höger eller vänster varv) kontrollerades. Häst och häst med ryttare inkluderades som slumpmässiga effekter i modellerna och signifikansnivån sattes till 0,05.

**Etiskt tillstånd**

Studien hade godkänt etiskt tillstånd från Uppsala djurförsöksetiska nämnd och alla hästägare godkände sin hästs deltagande i studien.

**RESULTAT**

Av de 222 hästarna hade 161 (72,5 %) något symmetrivärde på rakt spår som överskred gränsvärdena, se Tabell 1 för antal hästar och grad av asymmetri för de olika symmetrivariablerna. Av de 161 hästarna med rörelseasymmetrier hade

90 samtidiga fram- och bakbensasymmetrier.

Av de 161 varmblodiga hästarna med rörelseasymmetrier var 81 ston, tre hingstar och 138 valacker med en åldersfördelning på 3–25 år (medianålder tio år) och mankhöjd på 150–182 cm (median 165 cm).

Ålder, kön, mankhöjd, tävlingsnivå och -disciplin påverkade inte graden av frambensymmetri hos hästarna. För bakbenen såg man däremot en signifikant effekt på PDmin (p=0,01) där dresryhästarna (65 stycken) hade en större belastningsasymmetri (PDmin estimerat till 5,3 mm) jämfört med hophästarna (33 stycken, PDmin 3,8 mm). Asymmetri i frånskjutet med bakbenen visade sig vara större (3,1 mm, p=0,01) hos hästar som tävlade på svår nivå (12 stycken) jämfört med medelsvår nivå (52 stycken).

Longeringens effekt på symmetrin stämde överens med vad man funnit i tidigare studier av hästar som inducerats med en halta (17). Hästarna med rörel-

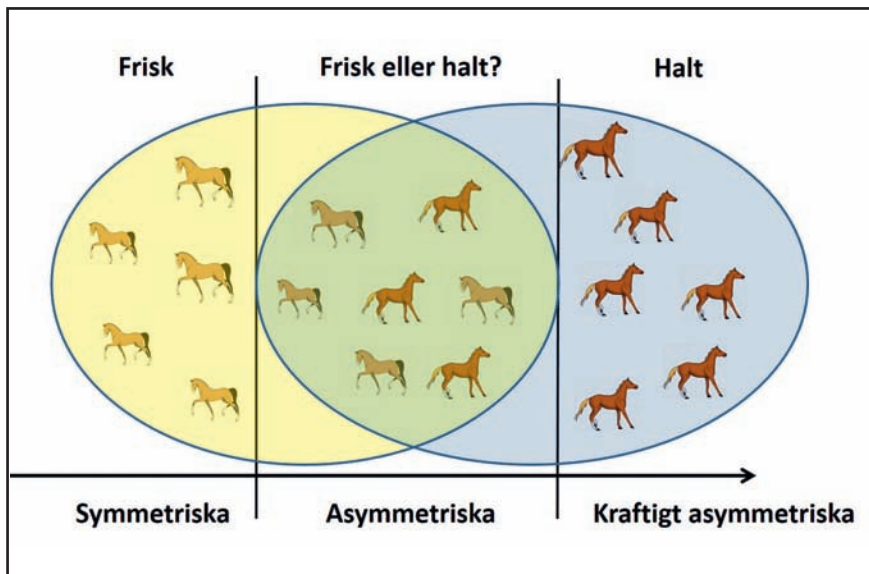
seasymmetrier i denna studie sjönk ner mindre på det inre bakbenet i understödsfasen jämfört med det yttre (p=0,001). Det gjorde att bakbensasymmetrin förstärktes om det ”halta” benet var som innerben och minskade om det var som ytterben på volten. Det omvända sambandet sågs för frånskjutsasymmetrier för bakbenen. För frambenen var voltspårets påverkan av asymmetrin inte lika konstant. Hästar som hade HDmin-värden som visade på en asymmetri i nedsjunkningen på frambenen blev mer asymmetriska med benet som ytterben.

**DISKUSSION**

Den stora andelen hästar (73 %) med ett asymmetriskt rörelsemönster i det urval av den svenska ridhästupulationen som studerats visar att många av våra hästar har rörelseasymmetrier. Graden av asymmetri var i många fall jämförbar med kliniskt halta hästar som diagnostiserats med ortopediska skador (10, 11), ►

Tabell 1. FRAMBENS- (HDMIN, HDMAX) OCH BAKBENS- (PDMIN, PDMAX) ASYMMETRIER FÖR DET ANTAL (N) HÄSTAR SOM ÖVERSKRED GRÄNSVÄRDEN FÖR SYMMETRI PÅ RAKT SPÅR SAMT DERAS RESPEKTIVE VÄRDEN NÄR DE LONGERADES I VÄNSTER OCH HÖGER VARV. NEGATIVA VÄRDEN INDIKERAR EN ASYMMETRI FRÅN VÄNSTER BEN MEDAN ETT POSITIVT VÄRDE INDIKERAR EN ASYMMETRI ORSAKAT AV HÖGER BEN.

Variabel	n	Medel	Std	Percentiler				
				P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	P <sub>50</sub>	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>
<b>Rakt spår</b>								
HDmin <sub>höger</sub>	29	12,8	6,4	7,2	8,7	11,1	15,2	23,9
HDmin <sub>vänster</sub>	29	-15,8	7,5	-30,5	-20,2	-13,5	-10,0	-7,9
HDmax <sub>höger</sub>	24	11,3	3,6	7,4	8,5	10,7	13,5	17,4
HDmax <sub>vänster</sub>	17	-14,6	7,2	-35,3	-17,4	-13,5	-9,3	-6,4
PDmin <sub>höger</sub>	36	5,8	2,3	3,5	4,2	5,0	7,2	11,1
PDmin <sub>vänster</sub>	43	-5,5	1,8	-8,7	-6,1	-5,2	-3,9	-3,4
PDmax <sub>höger</sub>	43	6,9	3,4	3,5	4,1	5,4	9,6	13,6
PDmax <sub>vänster</sub>	44	-6,1	2,8	-12,5	-6,6	-5,3	-4,3	-3,7
<b>Vänster varv</b>								
HDmin <sub>höger</sub>	29	11,0	12,6	-3,7	1,5	9,7	15,4	34,8
HDmin <sub>vänster</sub>	29	-7,6	14,2	-35,5	-14,0	-10,4	-4,4	17,4
HDmax <sub>höger</sub>	24	4,0	9,0	-8,9	-2,7	4,0	10,0	20,7
HDmax <sub>vänster</sub>	17	-3,6	11,3	-26,4	-12,1	-5,3	5,6	14,8
PDmin <sub>höger</sub>	36	-2,1	6,1	-11,7	-5,9	-1,0	0,8	5,1
PDmin <sub>vänster</sub>	43	-12,9	8,1	-24,2	-16,3	-12,7	-6,5	-3,7
PDmax <sub>höger</sub>	43	5,9	6,3	-6,0	2,3	5,3	9,7	16,9
PDmax <sub>vänster</sub>	44	-1,9	4,0	-7,7	-4,1	-2,5	-0,1	4,9
<b>Höger varv</b>								
HDmin <sub>höger</sub>	29	2,1	14,4	-26,7	-6,5	14,0	10,5	25,2
HDmin <sub>vänster</sub>	29	-15,1	15,6	-40,7	-27,0	-12,0	-2,9	6,2
HDmax <sub>höger</sub>	24	10,1	9,5	-4,1	3,2	8,9	18,0	24,7
HDmax <sub>vänster</sub>	17	-8,3	13,3	-35,5	-16,4	-4,8	-0,5	15,1
PDmin <sub>höger</sub>	36	12,5	6,9	-0,5	9,1	14,0	16,5	22,7
PDmin <sub>vänster</sub>	43	3,1	6,6	-4,8	-1,2	3,3	7,3	10,4
PDmax <sub>höger</sub>	43	2,7	4,8	-4,6	-0,1	1,9	5,4	11,4
PDmax <sub>vänster</sub>	44	-7,0	4,9	-16,9	-9,7	-6,8	-3,6	-0,5



FIGUR 3. Vi vet att en häst med ett mycket symmetriskt rörelsemönster är frisk och att en kraftigt asymmetri är kopplad till smärta och patologi men det finns en stor grupp av hästar med rörelseasymmetrier som vi inte vet om de har ont och lider av ortopediska skador.

- vilket visar att det finns en tydlig överlappning i asymmetri mellan kliniskt halta hästar och arbetande hästar som uppfattas som friska av sina ägare (Figur 3).

Vi vet inte i vilken utsträckning asymmetrierna är smärtutlösta och ett potentiellt djurvälståndspåslag. För många av hästarna i den här studien betyder det att om ägaren uppfattat ett rörelseproblem och sökt hjälp hos en veterinär så hade veterinären sannolikt gått vidare med en fullständig utredning för att hitta orsaken till asymmetrin. Vi vet inte heller om dessa hästar undersöks regelbundet och kontrolleras för eventuell hälta eller om ryttarna varit medvetna om att hästen inte rör sig symmetriskt. Hästarnas rörelsemönster registrerades på ett hårt underlag på rakt spår vilket ofta skiljer sig från det underlag ryttaren tränar sin häst på. Det kan hända att det hårda underlaget provocerar fram mer asymmetrier i rörelsemönstret hos hästarna än vad de visar till vardags. Vi vet inte heller hur ryttaren påverkar hästens asymmetri, om ryttaren kan dölja en hälta, vilket kanske kan förklara varför de inte upptäckt att hästen rör sig ojämnt.

Vid longering såg vi en tydlig effekt av voltasymmetrierna som induceras av det böjda spåret vilket beskrivits tidigare (18). De påverkade graden av initial

asymmetri hos hästarna systematiskt beroende på om benet som var orsaken till asymmetrin var inner- eller ytterben. Detta var mycket förvånande då det i kliniska textböcker beskrivs att hältan både kan förvärras eller förbättras när det halta benet är som innerben för specifika diagnoser (2). Vi vet dock inte om eller vilka eventuella patologier hästarna i denna studie led av.

I studien var det 90 hästar med samtidiga fram- respektive bakbensasymmetrier och vi vet inte i vilken utsträckning det rör sig om kompensatoriska hältor eller om de är halta på flera ben. Det kan hända att en kompensatorisk hälta påverkas annorlunda jämfört med en primär hälta vid longering.

Eftersom proportionen av höger och vänster asymmetrier hos hästarna i studien var relativt jämnt fördelad är det inte troligt att ryttarnas höger- eller vänsterhänthet är en förklaring till hästarnas asymmetrier då högerhänthet är vanligare hos människor.

Om det kan finnas en koppling mellan den högre graden av bakbensasymmetrier hos dressyrhästarna i vår studie och den ökade risken för gaffelbandsskador på bakbenen hos dressyrhästar som beskrivits av Murray och medarbetare (12) kan vi inte svara på. Longitudinella studier där hästar i träning följs över tid kan dock besvara denna typ av fråge-

ställning. Frånskjutsasymmetrin för bakbenen som visade sig vara större hos hästar som tävlar på högre nivå är svårt att veta hur generaliserbar den är då endast tolv hästar som tävlade i svår klass inkluderats i studien. Utökade studier av elitpresterande hästar från olika discipliner krävs för att bekräfta och förklara resultaten.

Eftersom de 222 hästarna i studien rekryterats via kontakter och annonser finns en risk för selektionsbias då ägare som misstänker ett rörelseproblem hos sina hästar kan ha varit mer benägna att delta i studien. Det kan leda till en viss överskattning av prevalensen i den generella populationen men trots detta var alla hästar i studien i träning och hade inte behandlats av veterinär för ortopediska problem under de senaste sex månaderna.

Nya frågeställningar uppstår: Är det patologier och smärta som ger upphov till de asymmetrier vi kan mäta? Vi vet inte heller om medfödd lateralitet hos hästarna kan ha en effekt på den vertikala rörelseasymmetrin, vilket behöver studeras för att förstå om det kan vara medfödda asymmetrier.

Det kvarstår att veterinärer som utför hältutredningar och besiktningar står inför en svår uppgift när de ska bedöma om en rörelseasymmetri är kopplad till smärta och patologi eller om det kan vara en biologisk variation. Det är svårt att bedöma ortopedisk smärta utöver hälta hos hästar om det inte finns några tydliga palpatoriska fynd som indikerar smärta från rörelseapparaten.

### SLUTSATSER

Resultaten visar att en stor andel (73 %) av ridhästar som anses prestera bra och som ägarna tycker är ohalta har ett oregelbundet rörelsemönster, där bakbensasymmetrier var vanligare än frambensasymmetrier. Dressyrhästarna i studien hade i större utsträckning oregelbundna bakbensrörelser jämfört med hopphästar.

Att studera vad som händer med asymmetrierna över tid är nödvändigt för att vi ska kunna utröna om det rör sig om rörelsepreferenser, t ex på grund av neuromotorisk oliksidighet eller ortopediska sjukdomar där hästen modifierar sitt rörelsemönster på grund av smärta.

För att öka ryttarens medvetenhet om

hästens eventuella asymmetrier rekommenderar vi regelbunden avsuttning utvärdering av hästens rörelsemönster. För detta är utbildning av ryttare och tränare i att se rörelseasymmetrier/hälta en viktig pusselbit.

Flera frågor har uppstått. Beror alla rörelseasymmetrier på smärta? Vilken storlek ska asymmetrin ha för att den ska anses kliniskt signifikant? Kan anatomisk konformation och motoriska preferenser, liknande höger- och vänsterhänthet, spela in? Kan asymmetrierna vara upptränade på grund av ryttarens träningsmetod och egen oliksidighet?

Vi vet inte var gränsen går mellan friskt och sjukt, även om veterinärer förväntas kunna avgöra detta dagligen vid hältutredningar eller vid besiktningar inför försäljning och tävling. Antingen utreds och behandlas många hästar onödigt mycket i vår strävan efter perfekt symmetri, något som väldigt få hästar kan uppnå. Eller så tränas och tävlas alltför många hästar som egentligen borde behandlas för smärtsamma ortopediska lidanden. Detta är ett område som kräver mycket mer forskning då det kan vara potentiella djurskyddsproblem om en frisk eller halt häst hamnar i fel kategori.

## SUMMARY

### The prevalence of movement asymmetries at trot in riding horses in training

Recent studies evaluating horses in training have identified a large proportion of horses with motion asymmetries but the prevalence, type and magnitude of asymmetries have not been investigated. The aim of this study was to objectively investigate the presence of motion asymmetries in riding horses in training by identifying the side and quantifying the degree and type of forelimb and hind limb asymmetries found during straight line trot and on the lunge.

In a cross-sectional study, vertical head and pelvic movement symmetry was measured in 222 Warmblood type riding horses, all without perceived performance issues and considered free from lameness by their owners. Body-mounted uni-axial accelerometers were used and differences between maximum and minimum head (HDmax, HDmin)

and pelvic (PDmax, PDmin) vertical displacement between left and right forelimb and hind limb stances were calculated during straight line trot and on the lunge. Previously reported symmetry thresholds were used and 161 horses exceeded those for at least one variable while trotting in a straight line. Contralateral and ipsilateral concurrent forelimb and hind limb asymmetries were detected in 41 and 49 horses, respectively. A large proportion (73%) of horses in training showed movement asymmetries above previously reported asymmetry thresholds during straight line trot. It is not known to what extent these asymmetries are related to pain or to mechanical abnormalities. Therefore, one of the most important questions that must be addressed is how objective asymmetry scores can be translated into pain and orthopaedic abnormality.

## Referenser

1. Arkell M, Archer R M, Guitian F J & May S A. Evidence of bias affecting the interpretation of the results of local anaesthetic nerve blocks when assessing lameness in horses, *Vet Rec*, 2006, 159, 11, 346–349.
2. Baxter G M (ed). Lameness in horses. In: Adams & Stashak's Lameness in Horses, 6th ed. Wiley-Blackwell, 2011, 479.
3. Egenvall A, Penell JC, Bonnett BN, Olson P & Pringle J. Mortality of Swedish horses with complete life insurance between 1997 and 2000: variations with sex, age, breed and diagnosis. *Vet Rec*, 2006, 158, 397–406.
4. Greve L & Dyson SJ. An investigation of the relationship between hindlimb lameness and saddle slip. *Equine Vet J*, 2013, 45, 5, 570–577.
5. Hammarberg M, Egenvall A, Pfau T & Rhodin M. Rater agreement of visual lameness assessment in horses during lungeing. *Equine Vet J*, 2016, 48, 1, 78–82.
6. Hewetson M, Christley RM, Hunt ID & Voute LC. Investigations of the reliability of observational gait analysis for the assessment of lameness in horses. *Vet Rec*, 2006, 158, 852–857.
7. Keegan KG, Dent EV, Wilson DA et al. Repeatability of subjective evaluation of lameness in horses. *Equine Vet J*, 2010, 42, 92–97.
8. Keegan KG, Kramer J, Yonezawa Y et al. Assessment of repeatability of a wireless, inertial sensor-based lameness evaluation system for horses. *Am J Vet Res*, 2011, 72, 9, 1156–1163.
9. Landman M, de Blaauw JA, van Weeren PR & Hofland LJ. Field study of the prevalence of lameness in horses with back problems. *Vet Rec*, 2004, 155, 6, 165–168.
10. Maliye S & Marshall JF. Objective assessment of the compensatory effect of clinical hind limb lameness in horses: 37 cases (2011–2014). *J Am Vet Med Assoc*, 2016, 249, 8, 940–944.
11. Maliye S, Voute LC & Marshall JF. Naturally-occurring forelimb lameness in the horse results in significant compensatory load redistribution during trotting. *Vet J*, 2015, 204, 2, 208–213.
12. Murray RC, Dyson SJ, Tranquille C & Adams V. Association of type of sport and performance level with anatomical site of orthopaedic injury diagnosis. *Equine Vet J*, 2006, 38, suppl 36, 411–416.
13. Penell JC, Egenvall A, Bonnett BN et al. Specific causes of morbidity among Swedish horses insured for veterinary care between 1997 and 2000. *Vet Rec*, 2005, 157, 470–477.
14. Pfau T, Jennings C, Mitchell H et al. Lungeing on hard and soft surfaces: Movement symmetry of trotting horses considered sound by their owners. *Equine Vet J*, 2015, 48, 1, 83–89.
15. Pfau T, Stubbs NC, Kaiser LJ et al. Effect of trotting speed and circle radius on movement symmetry in horses during lunging on a soft surface. *Am J Vet Res*, 2012, 73, 12, 1890–1899.
16. Pfau T, Witte TH & Wilson AM. A method for deriving displacement data during cyclical movement using an inertial sensor. *J Exp Biol*, 2005, 208, 2503–2514.
17. Rhodin M, Pfau T, Roepstorff L & Egenvall A. Effect of lungeing on head and pelvic movement asymmetry in horses with induced lameness. *Vet J*, 2013, 198, Suppl 1, e39–e45.
18. Rhodin M, Roepstorff L, French A et al. Head and pelvic movement asymmetry during lungeing in horses with symmetrical movement on the straight. *Equine Vet J*, 2015, 48, 315–320.
19. Rhodin M, Egenvall A, Haubro Andersen P & Pfau T. Head and pelvic movement asymmetries at trot in riding horses in training and perceived as free from lameness by the owner. *PlosOne*, 2017, DOI: doi.org/10.1371/journal.pone.0176253

\*MARIE RHODIN, leg veterinär, VMD, docent, Dipl ACVSMR, SLU, Institutionen för kliniska vetenskaper, Box 7054, 750 07 Uppsala.

ELIN HERNLUND, leg veterinär, SLU, Institutionen för anatomi och fysiologi, Box 7011, 750 07 Uppsala.

AGNETA EGENVALL, leg veterinär, VMD, professor i epidemiologi, SLU, Institutionen för kliniska vetenskaper, Box 7054, 750 07 Uppsala.

PIA HAUBRO ANDERSEN, leg veterinär, VMD, professor i stordjurskirurgi, SLU, Institutionen för kliniska vetenskaper, Box 7054, 750 07 Uppsala.