



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

**Fakulteten för veterinärmedicin
och husdjursvetenskap**
Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

Effekten av hästars ålder och utbildningsgrad på bäckenets vertikala rörelsemönster på volt

Lina Bogren

*Uppsala
2018*

Examensarbete 30 hp inom veterinärprogrammet

*ISSN 1652-8697
Examensarbete 2018:51*

Effekten av hästars ålder och utbildningsgrad på bäckenets vertikala rörelsemönster på volt

The effect of horses age and education level on vertical pelvis motion pattern on a circle

Lina Bogren

Handledare: Marie Rhodin, institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

Biträdande handledare: Emma Persson Sjödin, institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

Examinator: Elin Hernlund, institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

Examensarbete i veterinärmedicin

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: Avancerad nivå, A2E

Kurskod: EX0830

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2018

Delnummer i serie: Examensarbete 2018:51

ISSN: 1652-8697

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

Nyckelord: rörelsemönster, symmetri, rörelseasymmetrier, bäcken, longering, Lameness Locator

Key words: movement symmetry, pelvis, lungeing, Lameness Locator

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

SAMMANFATTNING

I tidigare studier har det visat sig att majoriteten av normalt fungerande ridhästar uppvisar rörelseasymmetrier vid objektiv rörelseanalys. Många av asymmetrierna är av samma magnitud som de hos hästar med låggradiga hältor som utreds på klinik. Longering är ett vanligt moment vid utredning av hälsa hos häst och graden av rörelseasymmetri ökar ofta på det böjda spåret även hos friska hästar. För att skilja en frisk häst från en halt är det viktigt att veta vilka faktorer som kan påverka denna normalvariation. Syftet med denna studie var därför att jämföra graden av bäckenets rörelseasymmetri på volt med hänsyn till hästars utbildningsgrad. Hypotesen var att unga utbildade hästar skulle uppvisa en högre grad av rörelseasymmetri än hästar som var äldre och mer välutbildade eftersom mer utbildade hästar generellt anses ha en bättre balans och muskelstyrka på volt.

I studien ingick 18 unghästar som rörde sig symmetriskt på rakt spår i trav på hårt underlag vid rörelseanalys med ett sensorbaserat objektivt mätsystem (Lameness Locator). Mätdata från longering i trav i vänster och höger varv på mjukt underlag användes för analys av bäckenets rörelseasymmetri på volt. Longeringsdata från 17 tidigare analyserade elithästar inom hoppning och dressyr som rörde sig symmetriskt på rakt spår användes också i studien. Hästarna ansågs vara ohalta av sina ägare.

Den totala voltasymmetrin beräknades genom addition av rörelseasymmetrin i höger och vänster varv efter omvandling av positiva och negativa värden till absolutvärden utan riktning vilket gav ett värde för PDmin och ett för PDmax hos varje häst. En jämförelse av hästarnas totala voltasymmetri gjordes med Mann Whitney/Wilcoxon rank sum test. Resultatet visade att det fanns en signifikant skillnad ($p=0,001$) av bäckenets rörelseasymmetri mellan de två grupperna vid trav på volt för värdet PDmax men inte för PDmin. Unghästarna visade en signifikant högre rörelseasymmetri för PDmax än elithästarna vilket stödjer hypotesen att ökad ålder och träning minskar graden av hästars rörelseasymmetri. Ett mer symmetriskt rörelsemönster på volt kan bero på bättre balans och muskelstyrka hos mer vältränade hästar. Detta är viktig kunskap för att man inte ska missta en unghäst för att vara halt då det kan vara normalt att de rör sig asymmetriskt på volt. Vidare forskning och en större studiepopulation behövs för att styrka resultatet i denna studie.

SUMMARY

In previous studies the majority of normal functioning riding horses were presented with movement asymmetries when assessed objectively. Some of the asymmetries were of the same magnitude as many horses with subtle lameness investigated at a clinic. Lungeing is a common part of the lameness examination and often increases the degree of movement asymmetry even in non-lame horses. It is important to know the factors affecting this normal biological variation in order to be able to identify horses which are actually lame. For this reason, the aim of this study was to compare the degree of pelvis movement asymmetry on the lunge with emphasis on education level. The hypothesis was that young uneducated horses would have a greater movement asymmetry of the pelvis than older more educated horses since more educated horses in general seem to have greater balance and muscle strength on the circle.

The study included 18 young horses with symmetrical movement during straight line trot on a hard surface, measured with a sensor based objective motion analysis system (Lameness Locator). Data was collected during trot on the lunge in both directions on a soft surface and used for analysis of pelvis movement asymmetry. Additional data from 17 previous measured older horses performing on elite level in showjumping and dressage with symmetrical movement during straight line trot was also included. All horses were perceived sound by their owners.

The total movement asymmetry on the circle was defined as the sum of left and right direction after converting data to absolute values without direction. This resulted in one value for PDmin and one for PDmax for each horse. A comparison of the total movement asymmetry was made between the groups using Mann Whitney/Wilcoxon rank sum test. The result showed a significant ($p=0,001$) difference in pelvis movement asymmetry between the groups for PDmax but not for PDmin. The younger less educated horses showed greater asymmetry of PDmax than older more educated horses which supports the hypothesis that increased age and training results in less movement asymmetry. A more symmetrical movement pattern on the lunge can be a result of greater balance and muscle strength in more educated horses. This knowledge can be valuable as younger horses with normal movement asymmetry on the circle could otherwise be judged as lame. Further research and a larger group of horses is necessary to confirm the result of this study.

INNEHÅLL

Inledning.....	1
Litteraturoversikt.....	3
Objektiva mätmetoder	3
Rörelseasymmetri – förekomst och orsak	4
Biomekaniska skillnader	4
Lateralitet	4
Hanteringen och träningens betydelse.....	5
Rörelsemönster på böjt spår	6
Kroppens lutning	8
Underlag	8
Voltstorlek och hastighet.....	9
Material och metoder.....	10
Utrustning.....	10
Utförande.....	11
Dataanalys och tolkning	11
Resultat.....	12
Studiepopulation.....	12
Rörelseanalyser	12
Diskussion	16
Felkällor	18
Konklusion	21
Referenser.....	22

INLEDNING

Hälta är ett utbrett problem hos hästar oavsett användningsområde och det vanligaste sjukdomstillståndet hos den svenska ridhästpopulationen (Penell, 2009). Drygt hälften av sjuka hästar som undersökts och behandlats av veterinär hade hältrelaterade problem enligt databaser från svenska hästkliniker och försäkringsbolag. Förutom själva lidandet det innebär för hästen kan hälta också medföra prestationsnedsättning och obrukbarhet inom det aktuella användningsområdet vilket kan ge stora ekonomiska förluster. Hälta har också visat sig vara den vanligaste orsaken till avlivning av hästar i förtid (Egenvall *et al.*, 2006). Bedömning av hälta hos häst är därför en viktig del inom hästsjukvården för att kunna ställa rätt diagnos och sätta in en lämplig behandling. Vid en hältutredning är det rutin att undersöka hästen både för hand på rakt spår och vid longering på volt. Tidigare har hälta endast diagnostiserats genom en subjektiv okulär bedömning men flera studier har visat på brister med denna bedömningsmetod då det framkommit att olika veterinärer ofta graderar en hälta olika på en och samma häst och att det till och med fanns en skillnad i vilket ben hästen ansågs vara halt på vid milda till måttliga hältor (Hewetson *et al.*, 2006; Keegan *et al.*, 2010; Hammarberg *et al.*, 2016).

På senare tid har flera objektiva mätsystem för hästar utvecklats där Lameness Locator (Equinosis) är ett exempel. Genom sensorer som placeras på olika platser på hästen kan man mäta symmetrin i hästens rörelsemönster när den travar (Keegan *et al.*, 2011). Eftersom objektiva mätsystem inte funnits så länge har flera studier gjorts för att bedöma deras tillförlitlighet och användbarhet exempelvis vid longering (Keegan *et al.*, 2011; Rhodin *et al.*, 2015; 2017). Resultatet från dessa studier har dock uppmärksammat ett nytt problem gällande hältbedömning av häst. Det visade sig att merparten av de hästar som undersöktes uppvisade ett asymmetriskt rörelsemönster varav många i samma storleksordning som hästar som utreds på klinik för hälta trots att de presterar bra och inte uppfattas som halta av sina ägare. Vi vet inte om asymmetrierna som ses hos dessa hästar är orsakade av smärta eller om det kan vara en naturlig biologisk variation. Det har därför uppstått en svårighet i att skilja kliniskt halta hästar och eventuellt välfungerande hästar med en naturlig rörelseasymmetri från varandra då värdena från dessa grupper överlappar.

Trots att det idag finns framarbetade tröskelvärden för vad som kan anses vara relevanta rörelseasymmetrier hos hästar som travar på rakt spår existerar ännu inga referensvärden för hästar som longeras (Rhodin *et al.*, 2015). Vid trav på volt får hästen ett naturligt asymmetriskt rörelsemönster för att kompensera för det böjda spåret vilket medför uppmätta värden med Lameness Locator som är likvärdiga en lindrig-måttlig hälta på rakt spår. Det finns flera faktorer som potentiellt kan påverka rörelsemönstret förutom det böjda spåret i sig självt, som voltstorlek, hastighet och underlag vilket har studerats tidigare (Pfau *et al.*, 2012; 2016a).

Eventuellt förekommer även en biologisk variation hos hästarna själva som kan ge upphov till ett asymmetriskt rörelsemönster (Drevemo *et al.*, 1987; Wiggers *et al.*, 2015; Rhodin *et al.*, 2017). Exteriöra skillnader, graden av utbildning och hantering samt förekomst av en lateralitet kan vara olika förklaringar till varför rörelseasymmetrier skulle kunna förekomma även hos ohalta välfungerande hästar. Vid utbildning av ridhästar, framför allt inom dressyr, brukar målet vara att få hästen licksidig och hålla en upprätt och balanserad kroppsposition vid ridning på volt (Clayton & Sha, 2006; Wells & Blache, 2008).

Syftet med examensarbetet var att undersöka förekomsten av eventuella skillnader i bäckenets rörelseasymmetri mellan unga utbildade och äldre mer välutbildade hästar som longerades i trav på volt. Insamlade data användes för att dra slutsatser huruvida hästars ålder och utbildningsgrad har inverkan på graden av bäckenets rörelseasymmetri hos ohalta hästar vid longering. Detta är viktig kunskap för att inte ett okoordinerat rörelsemönster hos hästen ska misstas för att vara en hälta.

Hypotesen var att äldre och mer utbildade hästar skulle ha ett mer symmetriskt rörelsemönster vid longering då de är mer tränade och följaktligen har en bättre muskelstyrka, balans och koordination på voltspåret än unga utbildade hästar.

LITTERATURÖVERSIKT

Objektiva mätmetoder

Flera olika metoder finns för att objektivt bedöma hästars rörelsemönster. Objektiv mätteknik har tillämpats effektivt inom humanmedicinen (Wren *et al.*, 2011) men har också blivit ett populärt hjälpmedel hos veterinärer särskilt då överensstämmelsen vid subjektiv bedömning av låggradiga hältor har visat sig vara låg (Hammarberg *et al.*, 2016). Det ökade intresset för hästens rörelsemönster har lett till en ökad kunskap om de olika gångarternas kinematik.

Hälta har visat sig påverka symmetrin i bålens rörelse i flera riktningar där förändring i vertikal rörelse har varit tydligast (Buchner *et al.*, 2001). Den vertikala rörelsen kan mätas med rörelsebaserade sensorsystem (IMU, inertial measurement unit) som placeras på hästens kropp och registrerar rörelseasymmetrier relaterat till de olika stegfaserna (Pfau *et al.*, 2005; Keegan *et al.*, 2011). Fördelen med dessa mätsystem är att de är relativt billiga och dessutom portabla vilket ger möjlighet att samla in relevant data under olika förutsättningar som exempelvis på olika underlag och i hästens hemmamiljö (Halling Thomsen *et al.*, 2010; Olsen *et al.*, 2013). Lameness Locator är ett sensorbaserat system som använder sig av accelerometrar och gyroskop för att identifiera rörelseasymmetrier (Keegan *et al.*, 2011). Ytterligare ett sätt att mäta rörelser objektivt är med höghastighetskameror vilket mätsystemet Qualisys (Olsen *et al.*, 2013) gör. Det finns även kraftmätningssystem som mäter hovarnas verkan på underlaget och på så sätt kan registrera skillnader i belastning mellan benen (Chateau *et al.*, 2009). Möjligheter att mäta ett större antal hästar och att kunna utföra mätningar utanför labbmiljö har ökat genom portabla sensorbaserade system (Pfau *et al.*, 2005; Keegan *et al.*, 2011). Det har även utvecklats ett analysverktyg som kan installeras i mobiltelefonen och sensorerna som finns i mobiltelefonen kan användas för att registrera hästens rörelsemönster vilket därmed gör objektiva rörelsebedömningar tillgängliga för den enskilda hästägaren (Pfau & Weller, 2017).

Lameness Locators mjukvara analyserar den accelerationsdata som samlas in från sensorerna på huvudet och korset (Keegan *et al.*, 2011; Equinosis, 2016). Accelerationssignalen dubbelintegreras till position och från denna positionsdata beräknas huvudets (H) och korsets (P) högsta respektive lägsta punkter (två minima och två maxima per steg). Skillnaden mellan de två lägsta (Dmin) och de två högsta (Dmax) punkterna i varje stegcykel beräknas och presenteras som mätdata och diagram.

De parametrar som har använts för att bestämma rörelseasymmetri är HDmax, HDmin, PDmax och PDmin. HD motsvarar huvudet och därmed frambenens belastning medan PD motsvarar korset och därmed bakbenens belastning. Vid en belastningsasymmetri fram sjunker huvudet ner mindre då det halta frambenet sätts i marken jämfört med det friska. På samma sätt sjunker korset ner mindre när det halta bakbenet belastas jämfört med det friska vilket ger upphov till en belastningsasymmetri (PDmin) (Keegan *et al.*, 2011; Bell *et al.*, 2016). Höjningen av korset eller huvudet kan skilja sig mellan de olika sidorna vid en frånskjutsasymmetri genom att hästen skjuter ifrån mer med det ena benet. Detta mäts som HDmax för framben/huvud och PDmax för bakben/kors. Det finns gränsvärden för rörelseasymmetri, som genom tidigare studier är framtagna för trav på rakt spår, där +/-6 mm gäller för framben (huvudet) och +/-3 mm gäller för bakben (korset) (McCracken *et al.*, 2012). Negativa värden över gränsvärdet innebär en vänstersidig asymmetri medan ett positivt värde över gränsvärdet innebär en högersidig asymmetri. Det finns dock ännu inga rekommenderade gränsvärden för longering på volt (Rhodin *et al.*, 2015) och vart den biologiska gränsen går för när en asymmetri är smärtutlöst är inte känt.

Rörelseasymmetri – förekomst och orsak

Asymmetrier i rörelsemönstret uppstår som en effekt av skillnader i belastning och frånskjutskraft mellan de olika benen (Bell *et al.*, 2016). Den mest dokumenterade orsaken till rörelseasymmetri hos häst är till följd av hälta som medför att hästen avlastar det halta benet och därmed ökar belastningen på de övriga benen (Weishaupt *et al.*, 2004). Trots att det är välstuderat hur en hälta uttrycker sig hos hästar har begreppet en vag definition (Ross, 2011). Hälta är ingen specifik diagnos utan snarare ett kliniskt symtom på smärtorsakande eller mekaniska förändringar som ger upphov till ett onormalt rörelsemönster. Smärtutlösta hältor är vanligt och hälta orsakat av ledinflammation uppskattas utgöra ungefär en tredjedel av diagnostiserade kliniskt sjuka hästar (Penell, 2009).

Studier på hästar i varierade åldrar som alla uppfattats som ohalta av sina ägare har gett resultat där upp till 72,5% av hästarna uppvisat asymmetrier i sitt rörelsemönster (Rhodin *et al.*, 2015; 2017). Då inga vidare utredningar gjorts på de hästar som ingått i studierna är det oklart om det asymmetriska rörelsemönstret är smärtutlöst eller om det kan ha en annan etiologi.

Hästar med högre ålder och storlek skulle kunna löpa en större risk att lida av hältorsakade rörelseasymmetrier (Murray *et al.*, 2006). Weeren *et al.*, (2008) såg att det fanns en mycket liten marginal att träna hästen i lagom mängd utan att det blev för mycket eller för lite. Äldre hästar kan ha samlat på sig fler mikroskador eller degenerativa processer som ger ett förändrat utseende av vävnaden vilket kan orsaka mekanisk eller smärtutlöst hälta medan en större häst får en ökad belastning på det distala benet och därmed löper större risk för skada (Murray *et al.*, 2010). Det finns därför en risk att tidigare skador under hästens liv kan ha betydelse för hur dess rörelsemönster ser ut idag.

Biomekaniska skillnader

Hästens rörelsemekanik är ett komplext system som innefattar många olika komponenter i rörelseapparaten såsom skelett, muskulatur, kärl, nerver och leder. Individuella skillnader i rörelseapparaten ses ofta som en självklar naturlig variation relaterad till ålder, ras och hästar avlade för ett specifikt användningsområde. Skillnader i rörelseapparaten kan dock även skilja sig mellan höger och vänster sida hos samma individ och kan ha betydelse för uppkomsten av rörelseasymmetrier i form av en mekanisk hälta (Wilson *et al.*, 2009; Wiggers *et al.*, 2015).

Hos hästar där det fanns en skillnad mellan hovarnas utformning såg Wiggers *et al.* (2015) en betydande effekt på det distala benets rörelsemönster, viktfordelning och kraftriktning då de mättes med höghastighetskameror och kraftmätningsskivor. Hästar med större skillnad i den dorsala hovväggens vinkel mellan framhovarna uppvisade också en större varians i sitt kinematiska mönster. Denna rörelseasymmetri förmodades kunna förstärkas ytterligare vid en mätning på böjt spår. Wilson *et al.* (2009) tittade på om skillnaden i hovarnas symmetri kunde vara relaterat till asymmetrier i resten av benet genom att mäta de olika bensegmenten. Resultatet visade att det fanns en skillnad i extremiteternas längd där ett kortare ben fick bära mer vikt och att det ofta hängde ihop med en vidare hovform på samma sidas ben.

Lateralitet

Lateralitet innebär en preferens att använda den ena sidan framför den andra där den mest studerade formen är motoriserad lateralitet (McGreevy & Rogers 2005, Wells & Blache, 2008). Det är sannolikt att hästar har en skillnad i vilken sida som är starkast på samma sätt som människor kan vara höger- eller vänsterhänta (Wells & Blache, 2008). Denna lateralitet tros ibland kunna märkas av ryttaren genom att hästen har bättre balans och böjer sig lättare åt det ena hållet. Hos hästar har motorisk lateralitet studerats genom att titta på vilket ben de initierar rörelse med eller vilket ben de föredrar att ha framför sig då de betar (McGreevy & Rogers, 2005; Murphy *et al.*, 2005). Resultatet i olika studier har visat att lateraliteten kan vara kopplad till ålder, kön och träning men att det ännu är oklart om lateralitet är medfödd, förvärvad eller en kombination av de båda.

Tendenser till lateralitet verkar kunna öka med åldern. McGreevy och Rogers (2005) tittade på vilket ben som hästarna valde att ha framför sig då de betade och såg en ökad förekomst av vänstersidig lateralitet hos äldre fullblodshästar jämfört med de yngre hästarna vilket kan bero på att hästen vanligtvis hanteras från vänster sida och på så sätt förstärker denna lateralitet. Wells och Blache (2008) såg istället att inridna hästar hade en preferens att sätta höger ben främst vid ett liknande test medan utbildade hästar inte uppvisade en signifikant preferens för en specifik sida.

Även Drevemo *et al.* (1987) undersökte ålderns betydelse och mätte 10 travhästar vid 8, 12 och 18 månaders ålder med höghastighetskamera då de travade på rullmatta. En viss rörelseasymmetri mellan benparen förekom redan vid 8 månader vilket talar för att lateralitet kan vara medfött eller utvecklas i tidig ålder.

Murphy *et al.* (2005) studerade initiering av rörelse, undvikande av hinder och rullbeteende hos unga hästar som utsatts för minimal hantering och träning och upptäckte att ston oftare visade en högersidig lateralitet medan valacker hade en högre förekomst av vänstersidig lateralitet.

Att döma av resultatet i olika studier verkar lateralitet kunna vara genetiskt predisponerat men det finns troligtvis även en effekt av miljön. Orsaken till de varierande forskningsresultaten kan bero på att det inte finns ett standardiserat sätt att utföra lateralitetstesterna och att de olika testerna möjligtvis mäter olika typer av lateralitet (Wells & Blache, 2008). För bedömning av hästars preferens av en sida framför den andra påpekar Wells & Blache (2008) vikten av att använda lateralitetstester som är relevanta för de utmaningar som hästen ställs inför under sitt vardagliga arbete. Ska motorisk lateralitet bedömas hos en hopp- eller dressyrhäst kan det vara lämpligt att studera skillnad i balans och symmetri då hästen rör sig i de olika riktningarna på volt.

Hantering och träningens betydelse

Målet med träning är att orsaka både fysiska och psykiska förändringar hos hästen som gör att den kan användas till ett avsett syfte. De fysiska förändringarna kan omfatta både kondition och förbättrad rörelsemekanik (Rivero, 2007). Med rätt träning minskar också risken för framtida skador. Rörelseapparaten olika vävnader kan förändras vid träning och på så sätt förstärkas eller försvagas (Hoogen *et al.*, 1999; Rivero, 2007). Vid träning har bland annat en förbättring av ledbroskets stötdämpande förmåga och en ökning av bentätheten setts (Hoogen *et al.*, 1999). Hos elitpresterande dressyrhästar har bentätheten i det subkondrala benet visat sig vara större än hos allroundhästar vilket kan spegla graden av belastning i detta område som ökar då hästen rör sig mer samlat i trav, piaff eller passage (Murray *et al.*, 2007). Till skillnad från kapplöpningshästar har det inte observerats någon skillnad i förekomst av höger- eller vänstersidiga hältor hos dressyrhästar vilket troligtvis kommer av att dessa hästar rids mer omväxlande i båda riktningar (Murray *et al.*, 2010).

Förutom en förändring i rörelseapparaten uppbyggnad och hållbarhet har träningen även bevisats kunna påverka kinematiken i hästens rörelsemönster (Back *et al.*, 1995; Kirbow & Duberstein, 2011). Drevemo *et al.* (1987) såg i sin studie att travhästar vid 18 månaders ålder som påbörjat träning hade en ökad rörelseasymmetri i trav jämfört med tidigare mätningar av samma hästar.

I en annan studie gav 70 dagars dressyrträning ett förändrat rörelsemönster jämfört med en kontrollgrupp som endast hade gått på bete under samma period (Back *et al.*, 1995). De hästar som hade tränats uppvisade en kortare belastningsfas, minskad flexion av extremiteterna och ett minskat spann i frambenens fram- och bakåtförande rörelse medan steglängden var oförändrad. Hos de otränade hästarna sågs istället en ökad rörelsefrihet av både fram- och bakben samt en längre tid med benet i svävningssfas med lägre stegfrekvens som följd. Kortare frambensrörelser och mer kraft från bakkdelen gav de tränade hästarna ett intryck av att gå mer samlat och ”på bettet” medan de icke tränade hästarna var mer avslappnade och fria i sina rörelser.

I en studie av Kirbow och Duberstein (2011) tränades 2-åriga hästar med ett 90-dagarsprogram som omfattade grundläggande träning med och utan sadel där hästarnas rörelsemönster mättes och analyserades med filmkamera före, under och efter träningsperioden. Hästarna fick allteftersom träningen fortgå en ökad knävinkel i trav vilket innebär att knäleden inte böjs lika mycket under svävningssfasen. Resultatet överensstämmer med studien av Back *et al.* (1995) och det förändrade rörelsemönstret förklaras av att träningen medför att kraften vid frånskjutet blir mer framåtdrivande istället för riktad uppåt.

Ett träningsmål vid utbildning av ridhästar brukar vara att få dem att arbeta mer med bakkdelen. Att hästen skiftar sin vikt mot bakbenen till följd av träning kan ses genom att titta på höftens höjdskillnad i förhållande till manken (Kirbow & Duberstein, 2011) eller på förändringar i kotledens extension under belastningsfasen (Back *et al.*, 1995). Back *et al.* (1995) såg även en högre grad av extension i karpalleden under belastningsfas hos otränade hästar vilket också kan tala för att frambenen belastas mer än hos mer välutbildade hästar. Rhodin *et al.* (2017) noterade att dressyrhästar hade större rörelseasymmetrier i bäckenregionen (PDmin) än hästar inom andra grenar. Om detta beror på en normal träningsrelaterad förändring i det naturliga rörelsemönstret eller om det kan finnas en större förekomst av begynnande patologiska förändringar hos dessa hästar är oklart.

Inom ridhästgrenar såsom hopning och dressyr påtalas ofta vikten av att hästen ska vara liksidig och att den måste arbetas lika mycket i båda riktningar för att uppnå detta. Wells och Blache (2008) undersökte om det fanns en skillnad i balans, styrka och liksidighet mellan unga utbildade hästar och äldre mer välutbildade hästar då de galopperade på volt. De unga utbildade hästarna hade svårare att bibehålla galoppen under lika lång tid som de äldre utbildade hästarna vilket kan tyda på att träning och högre ålder medför en förbättrad styrka och balans. Det kunde däremot inte ses en signifikant skillnad mellan höger och vänster varv i någon av grupperna.

De flesta hästar hanteras övervägande från vänster sida. Hopkins och Pfau (2014) tittade på hur detta skulle kunna påverka hästens rörelser då den travas för hand på rakt spår. Resultatet visade dock ingen signifikant skillnad i huvudets och bäckenets vertikala rörelsesymmetri då hästen leddes från vänster respektive höger sida. Rhodin *et al.* (2017) såg i sin studie ingen skillnad i fördelningen mellan höger- och vänstersidig rörelseasymmetri och tror därför inte att vilken sida hästen hanteras från har betydelse för uppkomsten av vertikala rörelseasymmetrier.

Vid objektiva rörelsemätningar av hästar under ryttare har det påvisats att ryttaren kan påverka hästens rörelsemönster på olika sätt. Robartes *et al.* (2013) såg att den asymmetriska viktfordelningen vid lätttridning i trav samt ryttarens påverkan på hästens huvud genom tyglarna kan göra att hästen får ett asymmetriskt rörelsemönster under ryttare. Greve och Dyson (2016) såg däremot ingen signifikant skillnad i rörelseasymmetri på volt med och utan ryttare men diskuterade ändå möjligheten att ryttaren kan påverka hästens balans och bidra till en mer upprätt kroppsposition på volt. Eventuellt kan ridningen påverka hästens naturliga rörelsemönster även utan ryttare ur ett mer långsiktigt perspektiv.

Rörelsemönster på böjt spår

Rörelse på volt är en vanlig och viktig del både i den dagliga träningen av hästen och vid hältutredningar. Bedömning av hästen vid longering kan underlätta diagnosticering av vissa hältor men den kan också försvåras av en mängd mer eller mindre kontrollerbara faktorer som inte behöver tas hänsyn till vid trav på rakt spår (Brocklehurst *et al.*, 2014; Hammarberg *et al.*, 2016). Då hästen rör sig i en cirkel som vid longering får även den ohalta hästen ett asymmetriskt rörelsemönster för att kompensera för det böjda spåret (Hobbs *et al.*, 2011; Greve & Dyson, 2016; Rhodin *et al.*, 2015; 2017). De olika sidorna rör sig inte längre identiskt, kroppen får en lutning och vikten fördelas annorlunda för att balansera och hålla sig kvar på voltspåret. Det uppstår en centripetalkraft (inåtriktad motkraft) i markplan då hästens hovar är i belastningsfas som ger ett asymmetriskt sagittalplan genom att hästen lutar sig inåt för att skifta sin tyngdpunkt i relation till denna kraft och på så sätt bibehålla balansen (Hobbs *et al.*, 2011). För att

kompensera för det böjda spåret på volt måste hästens ytterben färdas en längre sträcka än dess innerben. Innerbenet har en längre belastningsfas än ytterbenet vilket kan hjälpa hästen att skapa tillräcklig kraft riktad mot cirkelns mitt för att hålla sig kvar på spåret. Ytterligare en orsak till skillnaden i stegfasernas varaktighet mellan ytter- och innerben kan vara att kroppslutningen på det böjda spåret gör att ytterbenen är positionerade längre från underlaget och därför förlänger tiden benet är i luften.

Vid objektiva mätningar med sensorbaserade system på hästar som longeras på volt har minst ett av mätvärdena för huvud och bäcken hos nästan samtliga hästar överstigit de tröskelvärden som används för att bedöma asymmetri vid trav på rakt spår (Pfau *et al.*, 2012; Starke *et al.*, 2012; Rhodin *et al.*, 2015). Det är därför olämpligt att vid longering använda samma tröskelvärden för HDmax, HDmin, PDmax och PDmin som är framtagna för trav på rakt spår. Rhodin *et al.* (2015) använde sig av Lameness Locator på hästar som rörde sig symmetriskt i trav på rakt spår där de flesta fick ett asymmetriskt vertikalt rörelsemönster av både huvud och bäcken då de sedan longerades på volt. Det var endast 7 % av hästarna som vid longering låg under de gränsvärden (+/- 6 mm) satta för frambenen på rakt spår medan endast 4% låg under gränsvärdena för bakbenen (+/- 3mm).

Huvudets rörelseasymmetrier har visat sig ha ett mer varierat mönster vid longering än det för bäckenet och har i tidigare studier kunnat efterlikna antingen en yttre eller en inre frambenshåltas hos olika hästar (Starke *et al.*, 2012; Robartes *et al.*, 2013; Rhodin *et al.*, 2015; 2017). Detta kan bero på att hästen kan röra huvud och hals oberoende av bålen vilket kan påverka viktfordelningen mellan frambenen och på så sätt rörelsens symmetri. Huvudpositionen spelar en viktig roll för bibehållande av balans och en individuell variation i huvudets position och rörelsespann har setts hos hästar som longeras på volt (Clayton & Sha, 2006).

En asymmetri i bäckenets rörelse som liknar en lindrig belastningshåltas kan ofta ses på inner bakben då hästen longeras på volt genom att bäckenet inte sjunker ner lika mycket (PDmin) då det inre bakbenet belastas (Starke *et al.*, 2012; Rhodin *et al.*, 2015). Denna asymmetri kan ses på inner bakben i båda varven och återkommer hos nästan hälften av hästarna som en symmetrisk asymmetri mellan varven (Rhodin *et al.*, 2013; 2015). Det är också vanligt med en minskad frånskjutskraft (PDmax) hos ytterbenet jämfört med innerbenet (Rhodin *et al.*, 2015). Tuber coxae på innerbenet får dessutom ett ökat rörelseomfång på samma sätt som vid en håltas vilket kan vara nödvändigt då hästen lutar sig inåt samtidigt som den sjunker ner mer på det belastade ytterbenet och därför behöver böja innerbenet mer och lyfta det högre för att kunna föra benet framåt (Pfau *et al.*, 2012; Starke *et al.*, 2012).

Longering på volt i båda varv brukar göras för att få en förstärkning av låggradiga eller bilaterala håltor som kan vara svåra att se på rakt spår. Pfau *et al.* (2016a) såg att hästar som har legat utanför tröskelvärdena vid trav på rakt spår har en ännu större rörelseasymmetri på volt än de som rör sig symmetriskt på rakt spår. Det kan bero på att det böjda spåret ger en ökad belastning på vissa strukturer genom torsion, böjning och en omfördelning av vikten vilket medför att håltan blir tydligare om den hamnar på ytter- eller innerben vid longering beroende på vad som orsakar den (Ross, 2011) men detta har inte bevisats vetenskapligt. Däremot om hästen har en belastningshåltas (PDmin) på det inre bakbenet fås en summation av den normala voltasymmetrin och den orsakad av håltan vilket ger en kraftigare rörelseasymmetri av bäckenet (Rhodin *et al.*, 2017). Det omvända gäller för en frånskjutshåltas (PDmax) från ett bakben vilken följaktligen blir tydligare som ytterben. En belastningshåltas på ytterbenet skulle istället kunna ge en falsk bild av att hästen rör sig symmetriskt och det är därför viktigt att vara medveten om de skillnader i rörelsemönstret som normalt kan orsakas av det böjda spåret. För att inte riskera att missa en sådan håltas bör vikten av att longera hästen i båda riktningar vid en håltutredning betonas.

Det kompensatoriska rörelsemönstret vid en inducerad bakbenshåltas på volt liknar det på rakt spår med en ipsilateral frambenshåltas medan en inducerad frambenshåltas gav en blandning av ipsilateral och kontralateral bakbenshåltas (Rhodin *et al.*, 2013).

Det mänskliga ögat kan uppfatta rörelseasymmetrier på ca 25 % (Parkes *et al.*, 2009). En del av de hästar som rört sig symmetriskt på rakt spår har tydligt överstigit de tröskelvärden som kan uppfattas som en hälta vid subjektiv bedömning utförd av veterinär då de har longerats på volt (Pfau *et al.*, 2016a). Vid longering av hästar som endast var lindrigt frambenshalta på rakt spår uppmättes en asymmetriökning i storleken 35-50 % på volt. Eftersom hästarna vid longering ofta uppvisar ett asymmetriskt rörelsemönster bör försiktighet vidtas vid bedömning av låggradiga hältor vid longering under en hältutredning då det finns risk för överdiagnostisering om normal rörelseasymmetri på volt tolkas som en hälta. Graden av rörelseasymmetri i vänster respektive höger varv på volt kan skilja sig mellan olika hästar men också hos samma häst (Rhodin *et al.*, 2015; Pfau *et al.*, 2016a). Det har diskuterats om denna skillnad skulle kunna användas för att identifiera en hälta.

Kroppens lutning

Hur mycket hästen lutar sig in mot voltens mitt beror på förändringar i tyngdpunktens läge som kan påverkas av hur skarp svängen är, vilken hastighet den håller samt kroppsmassans storlek (Greve & Dyson, 2016). Graden av lutning hos både kropp och extremiteter har också visat sig vara större i förhållande till markplanet på ett platt underlag än på en doserad volt (Hobbs *et al.*, 2011).

Greve och Dyson (2016) såg att unga hästar (≤ 6 år) hade en större lutning på kroppen in mot voltens mitt än de äldre hästar som ingick i studien både vid longering och vid ridning på volt. Träning och utbildning av hästen skulle därför kunna ge den en ökad kropps kontroll och styrka som medför en mer vertikal kropps lutning på voltspåret även utan ryttare. För att denna teori ska stämma förutsätter det att hästen rids av erfarna ryttare vilket var fallet i studien eftersom en oerfaren och obalanserad ryttare istället skulle kunna tänkas försämra hästens koordination och balans.

Det tycks finnas ett samband mellan bäckenets rörelseasymmetri och kropps lutningen på voltspåret då ett högre värde på PDmin erhållits när lutningen ökat (Pfau *et al.*, 2012; Greve & Dyson, 2016). Detta samband har enligt Greve och Dyson (2016) blivit otidligt då cirkelns radie och hästens hastighet har tagits hänsyn till i beräkningarna. Kropps lutningen kan också påverkas av en hälta och ge en kraftigare lutning i ena riktningen jämfört med den andra till följd av att vikten omfördelas för att minska smärtan (Pfau *et al.*, 2012; Greve & Dyson, 2016). Brocklehurst *et al.* (2014) föreslog att kropps lutningen på volt kan bli mindre med det halta benet som innerben i ett försök att minska belastningen, särskilt på ett fastare underlag där hoven inte kan vinklas i underlaget för att kompensera för reaktionskraften från marken.

Underlag

I en studie av Pfau *et al.* (2016a) jämfördes huvud- och bäckenasymmetri vid longering i trav på både hårt och mjukt underlag. Hos hästar som rörde sig symmetriskt på rakt spår visade resultatet vid longering på liten skillnad i rörelseasymmetri mellan hårt respektive mjukt underlag hos samma häst medan en större variation kunde ses mellan olika individer. Detta indikerar att olika hästar hanterar rörelse på det böjda spåret olika där skillnader i rörelseasymmetri skulle kunna bero på en biologisk variation med en lateralitet hos hästen, hur hästen tidigare blivit riden och hanterad eller förekomst av ortopediska avvikelser och hälsa. Rhodin *et al.* (2015) såg ingen signifikant effekt av underlaget på rörelseasymmetri vid longering hos hästar som analyserats på gräs, sand eller grus.

Hos hästar som uppvisade frambenshalta på rakt spår förekom däremot en skillnad i rörelseasymmetri på de olika underlagen där hältan oftast förstärktes vid longering på hårt underlag och var som tydligast med det halta benet som innerben (Pfau *et al.*, 2016a). På hårt underlag ökade också stegfrekvensen vilket normalt brukar vara relaterat till en ökad hastighet. En ökad stegfrekvens vid longering på hårt underlag jämfört med mjukt behöver dock inte innebära en högre hastighet utan kan istället vara en följd av att hästen rör sig med kortare och snabbare steg.

Murray *et al.* (2010) tror även att hästar som longeras på ett underlag de normalt sett inte tränas på kan bli asymmetriska till följd av att deras fysiologi och teknik inte är anpassad till underlaget.

Voltstorlek och hastighet

Variation i völdiameter och hastighet vid mätning av samma häst i olika varv kan också medverka till olika grader av rörelseasymmetri genom påverkan på kroppslutningen (Starke *et al.*, 2012). I många studier är inte voltstorlek och hastighet standardiserade (Starke *et al.*, 2012; 2013; Robartes *et al.*, 2013; Rhodin *et al.*, 2015). Starke *et al.* (2013) har påvisat att en ökad hastighet på volt ger en högre grad av rörelseasymmetri för både huvud och kors. Pfau *et al.* (2012) menar att en ökning av hastighet och minskning av voltstorlek ger en ökning av centripetalkraften i markplan vilket medför en kraftigare lutning av hästens kropp för att bibehålla balansen. Det är därför av värde att standardisera radie och hastighet vid mätningarna för att minimera de variabler som kan påverka mätresultatet. Skiljer sig voltstorlek och hastighet vid mätning i höger och vänster varv kan det dessutom uppstå en felaktig skillnad i graden av asymmetri mellan de båda varven. Pfau *et al.* (2012) såg att hästarna som ingick i studien hade en högre hastighet och en mindre voltradie då de longrades i höger varv. Trots detta hade de en större lutning in mot voltens mitt då de gick i vänster varv. Detta kan bero på en brist i randomisering då hästarna började longeras i vänster varv vid varje mätning.

MATERIAL OCH METODER

Rörelseanalys på unghästarna genomfördes under tidsperioden augusti till november 2017. Hästarna som ingick i denna studie ingick också i en större longitudinell studie där unghästar följs med fortlöpande mätningar var tredje månad under 2 år. Hästarna rekryterades genom annonsering på internet (hästsverige.se) och sociala media (Facebook) där djurägaren själv fick ta kontakt vid intresse. Hästarna skulle ännu inte ha börjat eller precis ha påbörjat sin utbildning till ridhästar när de inkluderades i den övergripande longitudinella studien. Då dessa hästar följs med fortlöpande mätningar var tredje månad var det vissa av hästarna som hade genomgått en eller flera mätningar efter inklusion i den longitudinella studien och därmed hunnit lite längre i sin utbildning då denna studie gjordes. Dock hade det gått mindre än ett år sedan inridning påbörjades för samtliga unghästar.

Hästarna mättes på hästkliniken UDS i Uppsala eller på olika ridanläggningar ute i fält. Unghästarna som ingick i denna studie skulle anses vara friska och ohalt av sina ägare och inte ha skador på rörelseapparaten som ansågs påverka hästens rörelser vid mättillfället. Mätvärdena för korssets vertikala rörelseasymmetri skulle ligga mellan +/-3 mm vid trav på rakt spår. För huvudets rörelseasymmetri inkluderades även hästar som låg något över gränsvärdet på +/-6 mm med förutsättning att de låg under +/- 10 mm kombinerat med en högre standardavvikelse (SD) eftersom dessa troligtvis hade ett något högre värde till följd av mycket huvudrörelser som inte berodde på en hälta.

Data från 112 äldre elitpresterande hästar som tävlar i dressyr, hoppning eller fälttävlan har samlats in vid tidigare mätningar med Lameness Locator under 2016-2017. Dessa hästar ansågs också ohalt av sina ägare och skulle ha tävlat på nationell eller internationell nivå under de senaste 6 månaderna innan mätningen och under denna tid inte haft skador eller sjukdomar som orsakat ett längre uppehåll från träning. Samtliga rörelseanalyser var genomförda i hästarnas hemmiljö. Mätvärden från trav på rakt spår på hårt underlag samt trav på volt i vänster och höger varv på mjukt underlag användes. Enligt uppgift hade drygt hälften av de tidigare mätta elithästarna longerats på en volt som uppskattades vara 10 meter i diameter och resterande på en volt med ca 15 meter i diameter. Hästarna travades i ett tempo som de var bekväma i. De hästar som låg inom samma gränsvärden som de satta för unghästarna (se ovan) vid trav på rakt spår på hårt underlag valdes ut. För att hästarna skulle kunna ingå i studien behövde de även ha en ifylld anamnesblankett med information om tidigare skador.

Utrustning

Det objektiva mätsystemet Lameness Locator (Equinosis) användes för insamling av rörelsedata i studien. Lameness Locator mäter symmetri i vertikal rörelse med hjälp av tre trådlösa enaxlade accelerometrar (Keegan *et al.*, 2011). Accelerometerdata samlades in med 200 Hz och skickades trådlöst till en portabel dator via bluetooth där ett mjukvaruprogram omvandlade det till positionsdata genom en specialskriven algoritm.

En accelerometer placerades på huvudets högsta punkt i mittplan i en hätta som trädde över öronen och under grimman, en fästes med dubbelhäftande tejp mitt emellan de båda sidornas tuber sacrale och den sista vars insamlade data inte användes i denna studie, fästes med tejp mitt över mankens högsta punkt. Ytterligare en sensor som placerades på höger framben var en gyrometer. Med data från denna kunde benets belastningsfas skiljas från dess framföringsfas och på så sätt identifiera vilken fas i stegcykeln hästen befann sig i (Keegan *et al.*, 2011). Gyrometern placerades i en specialsydd benlinda som fästes runt kotbenet på höger framben med sensorn belägen dorsalt (Equinosis, 2016). Ytterligare en benlinda, utan sensor, fästes runt vänster framben för att minska risken att få en enkelsidig påverkan på rörelsemönstret. Sensorerna var ca 2,5x3,5x4 cm stora och varje sensor vägde ca 30 g.

Mätningarna filmades med en filmkamera (Sony Handycam HDR-CX625) för att i efterhand, vid behov, kunna gå igenom hur hästarna rörde sig i verkligheten i förhållande till mätresultatet. Litteratur hämtades från böcker och databaser såsom Primo och Web of Science.

Utförande

Vid första mättillfället för unghästarna fick djurägarna fylla i ett medgivande för hästens deltagande i den övergripande longitudinella studien. En enklare klinisk undersökning med fokus på rörelseapparaten genomfördes innan rörelseanalysen där tecken på trauman och avvikelser såsom ledfyllnad samt uppgifter om mankhöjd och skoning fylldes i av veterinär. Vid varje mätning fylldes även en anamnesblankett i. Sensorer fästes på hästen innan mätningarna påbörjades.

Alla hästarna i studien mättes med Lameness Locator. De hästar som undersöktes på UDS mättes även med ett annat objektivt system från Qualisys men mätdata från detta system användes inte i denna studie. Rörelseanalysen gjordes först på rakt spår i trav för hand på jämnt hårt underlag vilket oftast var packad grusväg eller asfalt. Vid mätningar som utfördes på UDS fick hästen springa två gånger fram och tillbaka i håltgången medan sträckan vid mätningar ute i fält anpassades till förutsättningarna med ett minimum på 25 insamlade steg. Vid färre antal steg blir det osäkert om mätvärdena motsvarar ett repetitivt rörelsemönster hos hästen. Hästar med 20-25 insamlade steg på rakt spår kunde tas med i studien om hästen bedömdes ha travat jämnt och rakt utan oönskat beteende. Därefter longerades hästen i trav på mjukt underlag, huvudsakligen sand eller fibersand, först i vänster varv och sedan i höger med ett minimum på 30 insamlade steg i respektive varv. På hästkliniken UDS longerades hästarna i ridhus medan hästarna som mättes i fält longerades antingen i ridhus eller på ridbana. En knut gjordes 5 meter ut på longerlinan för att standardisera voltstorleken till en 10 metersvolt. Hästarna fick trava i valfritt tempo som varierade beroende på vad de var bekväma med men djurägarna uppmanades att hålla samma tempo i båda varven.

Dataanalys och tolkning

I denna studie användes symmetrivariablerna HDmin, HDmax, PDmin och PDmax. Om mätvärdena överstiger gränsvärdet bör standardavvikelsen vara lägre än medelvärdet för att mätningen ska anses vara tillförlitlig. Symmetriska hästar inom normalintervall för medelvärdet har ofta en standardavvikelse som är högre än medelvärdet. Enstaka rörelser som kraftigt avviker från det normala rörelsemönstret kan vara steg i annan gångart, snubbling eller om hästen kastar med huvudet vilket kan ge upphov till extremvärden (outliers). I denna studie plockades extremvärden manuellt bort hos vissa av elithästarna med ett maximum på 10 % av det totala antalet steg. Extremvärden kan endast avlägsnas för huvudets symmetrivärden (HDmin/HDmax). Vid mätning av unghästarna användes en nyare mjukvara som automatiskt avlägsnar outliers. Vilka stegintervall från mätningen som ska inkluderas i analysen väljs automatiskt ut av mjukvaran.

De utvalda hästarnas rörelseasymmetri för bäckenet (PDmin och PDmax) på böjt spår i båda riktningar analyserades och en jämförelse mellan unghästar och elithästar gjordes. Programmet Excel 2016 användes för datahantering, tabeller och diagram. Värdet för PDmin och PDmax i höger och vänster varv på volt omvandlades till absolutvärden vilket innebär positiva värden oavsett höger- eller vänstersidig asymmetri. Absolutvärdet för höger och vänster varv hos samma individ adderades för att få ett enda värde för PDmin och PDmax hos varje häst som skulle motsvara den sammanlagda graden av rörelseasymmetri på volt.

För att bestämma vilket statistiskt test som skulle användas för jämförelse av rörelseasymmetri på volt mellan grupperna unghästar och elithästar gjordes ett normalitetstest genom programmet SAS. Då data för PDmax hos unghästarna inte uppfyllde kraven om normalfördelning och variansen skilde sig mellan grupperna användes Mann-Whitney/ Wilcoxon rank sum test (<http://www.socscistatistics.com/tests/mannwhitney/default2.aspx>) för vidare hypotesprövning. Signifikansnivån sattes till 0,05 och ett tvåsidigt test utfördes.

RESULTAT

Studiepopulation

Totalt mättes 64 unghästar varav 18 befann sig inom +/- 6 mm för huvudets rörelseasymmetri (alternativt +/- 10 mm med en standardavvikelse större än medelvärdet) och +/- 3 mm för bäckenets rörelseasymmetri vid trav på hårt underlag på rakt spår och därmed ansågs som symmetriska i sitt rörelsemönster. Samtliga symmetriska unghästar som ingick i studien var Svenska Varmblod och åldern varierade mellan 2-4 år (median 3 år). Mankhöjden var 152-174 cm (medelvärde 165,2 cm) och fördelningen var 11 ston och 7 valacker. Fem respektive två av hästarna ägdes av samma ägare. Fem av hästarna mättes på hästkliniken UDS i Uppsala medan 13 hästar mättes ute i fält. Utbildningsgraden hos unghästarna varierade där 6 av hästarna endast hade hanterats och påbörjat utbildning från marken medan 12 av hästarna var ridna i högre tempo än skritt.

Av 112 tidigare mätta elithästar var det totalt 27 som befann sig inom gränsvärdena (samma som för unghästarna enligt ovan). Två av dessa hästar selekterades bort då mätningarna på volt ej var tillfredsställande till följd av alltför stökiga rörelser. Sju elithästar fick selekteras bort eftersom de saknade anamnesblankett. En häst selekterades bort på grund av för få insamlade steg på rakt spår. I slutändan var det 17 av de symmetriska elithästarna som inkluderades i studien. Av dessa tävlade 6 i dressyr och 11 i hoppning. Hopphästarna tävlade nationellt eller internationellt mellan 130-155 cm. Dressyrhästarna tävlade nationellt eller internationellt från Prix S:t Georges upp till Grand Prix. Hästarna var mellan 6-16 år (median 9 år) och hade en mankhöjd mellan 160-184 cm (medelvärde 169,5 cm). Sju av hästarna var ston och 10 var valacker. Två ägare ägde två hästar vardera medan resten av hästarna hade olika ägare. Samtliga hästar var Svenska Varmblod.

Rörelseanalyser

Medianen insamlade steg för rakt spår var 30, för volt till vänster 50 och för volt till höger 51.

I trav på rakt spår var det endast en elithäst som översteg 6 mm men låg under 10 mm för huvudets rörelseasymmetri med en standardavvikelse som var större än medelvärdet medan detsamma gällde för 6 av unghästarna.

Av elithästarna var det 9 hästar som longerats på en volt som uppskattades vara 15 meter i diameter medan 8 hästar longerades på en volt med ca 10 meter i diameter. Samtliga av unghästarna longerades på en volt som uppskattades till 10 meter i diameter.

Statistiska beräkningar baserades på insamlade data från rakt spår och longering i höger respektive vänster varv.

Tabell 1. Medelvärde och standardavvikelse (SD) för PDmin och PDmax på rakt spår, volt till vänster och volt till höger hos unghästar respektive elithästar. Uppdelat i högersidig och vänstersidig rörelseasymmetri med fördelning av antalet hästar i respektive riktning

	Unghästar (n=18)			Elithästar (n=17)		
	n	medelvärde (mm)	SD	n	medelvärde (mm)	SD
Rakt spår						
PDmin höger	9	1,72	4,19	13	1,16	3,26
PDmin vänster	9	-1,54	3,99	4	-1,53	3,17
PDmax höger	9	1,08	3,73	7	0,77	2,97
PDmax vänster	9	-1,47	4,2	10	-1,35	3,03
Volt vänster						
PDmin höger	2	3,06	2,47	3	2,27	2,74
PDmin vänster	16	-5,29	3,78	14	-5,17	3,07
PDmax höger	14	3,7	3,65	10	1,73	3,26
PDmax vänster	4	-1,16	3,56	7	-1,51	2,92
Volt höger						
PDmin höger	15	6,5	3,59	17	6,3	2,64
PDmin vänster	3	-1,31	3,6	0	0	0
PDmax höger	3	2,17	3,33	2	1,58	2,23
PDmax vänster	15	-3,4	3,36	15	-2,17	2,73

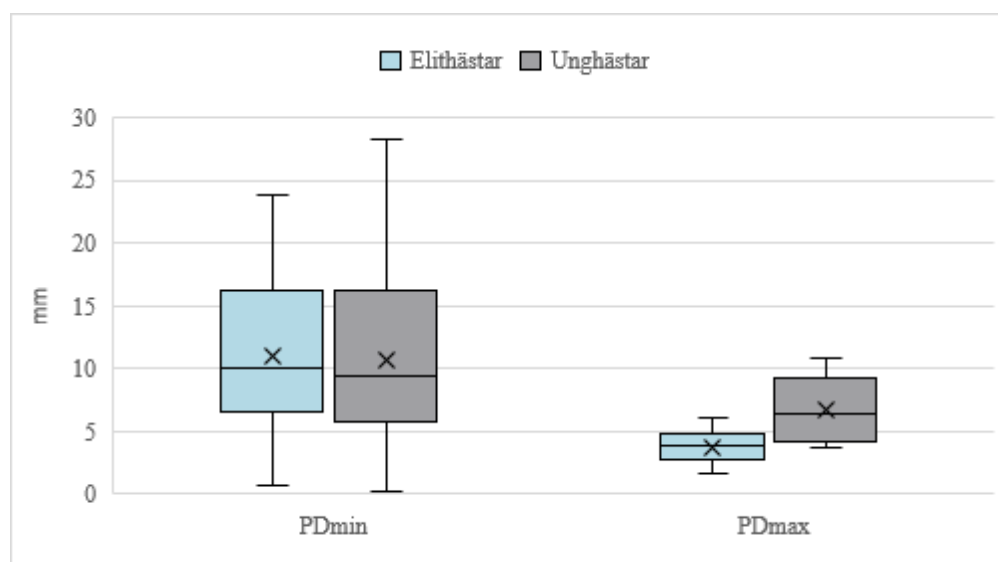
Tabell 2. Antalet unghästar/elithästar med olika rörelseasymmetrier för bäckenet vid longering i båda riktningar. Asymmetrier i fet stil uppvisar ett omvänt rörelsemönster vid byte av voltriktning

Volt vänster → Volt höger ↓	PDmin vänster PDmax vänster	PDmin vänster PDmax höger	PDmin höger PDmax vänster	PDmin höger PDmax höger	Totalt
PDmin höger PDmax höger	0/1	2/0	1/0	0/1	3/2
PDmin höger PDmax vänster	1/5	9/8	0/1	0/1	10/15
PDmin vänster PDmax höger	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
PDmin vänster PDmax vänster	0/0	4/0	0/0	1/0	5/0
Totalt	1/6	15/8	1/1	½	18/17

Den vanligaste rörelseasymmetrin som byter riktning på volt var PDmin vänster vid longering i vänster varv och PDmin höger vid longering i höger varv (26 av 35 hästar). Den näst vanligaste rörelseasymmetrin var PDmax höger vid longering i vänster varv och PDmax vänster vid longering i höger varv (23 av 35 hästar). Hälften av hästarna uppvisade en rörelseasymmetri för PDmin på innerben och PDmax på ytterben i båda riktningar.

Tabell 3. Presentation av medelvärde och median för summan av absolutvärdena i båda riktningar för PDmin och PDmax i de olika grupperna. U-värde och P-värde efter statistisk jämförelse med Mann-Whitney/Wilcoxon rank sum test

	PDmin (mm)		PDmax (mm)	
	Unghästar	Elithästar	Unghästar	Elithästar
n	18	17	18	17
Medelvärde	10,68	10,95	6,33	3,74
Median	9,34	10,04	5,86	3,9
SD	7,01	6,46	2,49	1,32
Minvärde	0,22	0,68	3,15	1,72
Maxvärde	28,29	23,87	10,82	6,09
U-värde	145		54	
P-värde	0,80258		0,00116	



Figur 1. Distribution av voltasymmetri för PDmin och PDmax hos unghästar och elithästar baserad på summan av absolutvärdet i höger och vänster varv.

Vid jämförelse av sammanlagd rörelseasymmetri på volt mellan unghästar och elithästar kunde en signifikant skillnad ses för PDmax, som var högre hos unghästarna, men inte för PDmin vid $p < 0,05$. U-

värdet och P-värdet för Mann-Whitney/Wilcoxon rank sum test presenteras i *tabell 3*. Skillnaden mellan grupperna för PDmax var även signifikant vid $p < 0,01$.

DISKUSSION

Av totalt 64 unghästar och 112 elithästar som genomgått rörelseanalys med Lameness Locator var det endast 28 % unghästar och 24 % elithästar som hade ett symmetriskt rörelsemönster i trav på rakt spår. Detta är i samma storleksordning som i studien av Rhodin *et al.* (2017) där 27,5 % av hästarna var symmetriska på rakt spår enligt de gränsvärden som beskrevs av Keegan *et al.* (2011). Det var heller ingen större skillnad i förekomst av rörelseasymmetri mellan unghästar och elithästar, vilket också har bekräftats av Wrangberg (2017) i ett tidigare examensarbete. Andelen symmetriska hästar i den här studien kan inte direkt jämföras med tidigare resultat där endast hästar med en rörelseasymmetri under 6 mm för huvudet räknades som symmetriska. Detta eftersom även hästar med mätvärden mellan 6-10 mm och en standardavvikelse som var större än medelvärdet klassificerades som symmetriska i denna studie. Andelen symmetriska hästar skulle alltså varit lägre om samma gränsvärden använts som i de tidigare studierna. Eftersom hästarna dessutom har kategoriserats i olika åldersgrupper kan studiepopulationen inte heller likställas med de hästar som ingick i studien av Rhodin *et al.* (2017), vilka varierade i ålder mellan 3-25 år.

Urvalet av ohalta hästar har skett på olika sätt i tidigare studier. I denna studie baserades det på att de skulle anses vara friska av sina ägare och på graden av rörelseasymmetri i trav på rakt spår med viss modifiering av rekommendationerna från Keegan *et al.* (2011). En skillnad i inklusionskriterier innebär att försiktighet bör vidtas vid en direkt jämförelse av resultat med andra studier.

En ökning av bäckenets rörelseasymmetri (PDmin och PDmax) på volt jämfört med på rakt spår kunde ses hos både unghästarna och elithästarna (*Tabell 1*). En del av hästarna i studien låg inom gränsvärdet ± 3 mm för bäckenets rörelse på rakt spår, men fick en rörelseasymmetri på volt som var upp till fyra gånger så stor som gränsvärdet på rakt spår, ibland i båda riktningar. I denna studie var det två hästar (6 %) som låg inom gränsvärdet för samtliga mätvärden för korsets rörelse på volt i båda riktningar. Det var totalt 34 % av hästarna som översteg gränsvärdet för PDmin och/eller PDmax vid longering i endast ena varvet, medan 60 % av hästarna översteg gränsvärdet för PDmin och/eller PDmax i båda riktningar. Att så många hästar låg över ± 3 mm talar för att samma tröskelvärden som idag rekommenderas för rakt spår inte kan användas för PDmin och PDmax på volt. Det finns också en stor individuell variation av rörelseasymmetri på volt även hos till synes friska hästar, vilket gör det svårt att ta fram lämpliga tröskelvärden. Hammarberg *et al.* (2016) såg att ingen tydlig gräns kunde dras mellan halta och ohalta hästar då resultatet av rörelseanalyser från sensorbaserade system jämfördes med hältbedömning gjord av veterinärer vid longering av hästarna på volt.

I *Tabell 3* går det att se att den sammanlagda rörelseasymmetrin på volt var signifikant större för PDmax hos unghästarna jämfört med elithästarna ($p < 0,01$). Detta innebär att unghästarna uppvisar en större skillnad i hur mycket de skjuter sig uppåt i vertikal riktning med höger och vänster bakben vid longering jämfört med elithästarna. För PDmin fanns det däremot ingen signifikant skillnad mellan unghästar och elithästar. För mer detaljerad information om hur kraften är fördelad vid belastning och frånskjut krävs mätning med exempelvis kraftmätningsskivor eftersom Lameness Locator endast mäter bäckenets vertikala rörelse och inte de krafter som är horisontellt riktade.

Den vanligast förekommande rörelseasymmetrin på volt enligt *Tabell 2* är att hästen får en minskad nedåtriktad vertikal rörelse av bäckenet (högre PDmin) vid belastning av inner bakben i båda riktningar (74 %). Den näst vanligaste rörelseasymmetrin är en minskad uppåtriktad vertikal rörelse av bäckenet (högre PDmax) efter belastning av det yttre bakbenet som kan ses både i höger och vänster varv på volt (66 %). Detta stärker teorin om hur voltspåret påverkar rörelsemönstret och ger en naturlig rörelseasymmetri av bäckenet, vilket efterliknar en belastningshåltä på innerben och en frånskjutshåltä på ytterben (Rhodin *et al.*, 2015; 2017). Rörelsemönstret som iakttagits på volt kan också vara relaterat till eventuella asymmetrier som förekommer på rakt spår (Starke *et al.*, 2012; Pfau *et al.*, 2016a; Rhodin *et al.*, 2017) men eftersom hästarna i denna studie per definition skulle röra sig symmetriskt på rakt spår och därmed hade låga medelvärden får mätsystemet svårigheter att bestämma riktningen.

Jämförelse av hästens rörelsemönster mellan höger och vänster varv vid longering har diskuterats som ett hjälpmedel för att bedöma eventuell hälta (Rhodin *et al.*, 2015; Pfau *et al.*, 2016a). Vid mätning med Lameness Locator studeras ofta huruvida rörelseasymmetrin byter sida då hästen byter varv eftersom en ohalt häst teoretiskt sett borde påverkas lika mycket av volteffekten i båda varv, och därmed bli symmetriskt asymmetrisk mellan varven. Hos hästarna i denna studie hade endast 56 % av unghästarna och 53 % av elithästarna en rörelseasymmetri av bäckenet som bytte sida då voltriktningen ändrades (Tabell 2). Detta resultat kan jämföras med 46 % av hästarna där bäckenets rörelsemönster fick motsatt riktning mellan varven i studien av Rhodin *et al.* (2015). Trots att en speglade rörelseasymmetri i olika varv på volt är vanligast kan den inte antas förekomma regelmässigt hos alla friska hästar.

I denna studie undersöktes inte huvudets rörelseasymmetrier på volt. Eftersom tidigare studier har visat att kompensatorisk hälta följer samma mönster på volt som på rakt spår (Rhodin *et al.*, 2013) kan det vara möjligt att en primär hälta i ett framben skulle kunna ha en inverkan på bakbenens viktfördelning hos hästarna i denna studie och således påverka värdet på PDmin och PDmax. Trots att de hästar som valdes ut skulle ligga inom bestämda gränsvärden för både huvudet och bäckenet på rakt spår för att inte inkludera halta hästar i studien, kan det finnas risk att få med lindrigt halta och bilateralt halta hästar, då dessa kan ligga inom gränsvärdena på rakt spår och ingen diagnostisk analgesi utfördes innan rörelseanalys på dessa hästar. Det kan därför ifrågasättas om det är lämpligt att välja ut symmetriska hästar genom mätvärden som ligger inom normalintervall på rakt spår, eftersom det finns en så stor variation i rörelseasymmetri då de mäts på volt. Unghästarna observerades dessutom ofta ha en stor rörlighet i huvudregionen vid longering och ett kastande med huvudet under mätningarna som också kan ha påverkat mätresultatet.

Ytterligare en metod vid hältbedömning på volt med Lameness Locator är att titta på om hästen uppvisar en tydlig rörelseasymmetri i ena varvet jämfört med det andra eftersom det visat sig att en hälta ofta förstärker det naturligt asymmetriska rörelsemönstret i ena riktningen och istället ger ett mer symmetriskt rörelsemönster åt andra hållet (Rhodin *et al.*, 2017). Precis som i studien av Rhodin *et al.* (2015) hade majoriteten av hästarna i denna studie inte individuella rörelseasymmetrier av liknande magnitud i båda varv. Medelvärden som ses i Tabell 1 tycks däremot vara relativt jämna för inner- och ytterben mellan höger och vänster varv vilket också setts i tidigare studier (Starke *et al.*, 2012; Pfau *et al.*, 2016a). En förklaring till individuella skillnader i rörelseasymmetri mellan höger och vänster varv skulle kunna vara en medfödd eller förvärvad lateralitet. Detta har tidigare beskrivits som att hästar har en preferens för att använda höger eller vänster sida (McGrevy & Rogers 2005; Murphy *et al.*, 2005; Wells & Blache, 2008) och kan möjligtvis göra att de har lättare att balansera sig i ena varvet jämfört med det andra. Ridning och hantering skulle kunna tänkas påverka hästars lateralitet både genom att öka preferensen för en sida men det skulle också kunna jämna ut skillnader mellan sidorna och göra hästen mer liksidig. Eftersom skillnader i hantering och ridning inte kunnat kontrolleras inom grupperna i denna studie skulle det kunna ha betydelse för en individuell skillnad i rörelseasymmetri mellan höger och vänster varv.

Avvikelse från den normala anatomin kan ha betydelse för hästens rörelsemönster (Wilson *et al.*, 2009; Ross, 2011; Wiggers *et al.*, 2015). Trots att de hästar som ingick i studien undersöktes med hänsyn till avvikelser och skador på rörelseapparaten kan det finnas sådant som inte kunde upptäckas vid palpation. Hästens storlek skulle också kunna tänkas påverka graden av rörelseasymmetri med större rörelsevariabler hos större hästar (Murray *et al.*, 2006). Medelvärdet för mankhöjden skiljde sig dock inte mycket mellan grupperna då elithästarna i snitt var 4 cm högre än unghästarna. De unga hästarna befinner sig i en tillväxtfas i livet vilket kan ha en påverkan på rörelsemönstret. Tillväxtzoner kan sluta sig med olika hastighet och skillnader i höjd mellan manke och kors kan göra många unghästar överbyggda bak under denna period. En skillnad i benlängd mellan hästarnas bakben till följd av ojämn tillväxt skulle också kunna ge upphov till en asymmetri men rent mekaniskt borde det ge ett högre PDmin på ena benet och ett PDmax på andra benet (Wilson *et al.*, 2009).

Unghästarna som ingick i studien hade kommit olika långt i sin utbildning. Trots att åldersspannet hos unghästarna var litet (2-4 år), är det en ålder då hästarnas tillväxt varierar kraftigt och utvecklingskurvan är brant. Medan 6 hästar endast blivit hanterade från marken hade 12 av dem redan hunnit ridas in, varav 10 hästar reds i samtliga gångarter. Detta innebär att det även finns en stor variation i hur vana de är vid longering. I ett abstract av Nissen *et al.* (2016) sågs en skillnad i graden av rörelseasymmetri hos unghästar innan och efter inridning där hästarna fick ett mer symmetriskt rörelsemönster vid trav på rakt spår 7 veckor efter de påbörjat inridning och longeringsträning. Det skulle alltså kunna göra en skillnad för resultatet hur långt utbildade de unghästar som inkluderas i studien är.

Greve och Dyson (2016) såg en signifikant skillnad i kroppslutning mellan yngre (≤ 6 år) och äldre hästar (≥ 7 år). Det visade sig i samma studie att en ökad kroppslutning på volt ger en ökad rörelseasymmetri av bäckenet. Äldre och mer välutbildade hästar får eventuellt en mer upprätt kroppsposition på volt än de yngre, eftersom det är så de tränas i ridningen och detta skulle kunna leda till ökad styrka och balans som gör hästarna mer symmetriska även utan ryttare. Det finns dock varierande resultat för ryttarens påverkan på hästens rörelsemönster där de blivit antingen mer eller mindre symmetriska med ryttare än utan ryttare (Robartes *et al.*, 2013; Greve och Dyson, 2016). Kanske spelar också ryttarens egen förmåga att balansera upp hästen genom händer, skänklar och säte en roll för om den rör sig mer eller mindre symmetriskt och att ryttaren framförallt har en inverkan på framdelens rörelseasymmetri genom en direkt verkan på hästens huvud via tyglarna.

Back *et al.* (1995) och Kirbow och Duberstein (2011) såg att träning förändrade hästarnas rörelsemönster på rakt spår. Träningen gav hästarna en minskad flexion av bakbenen under svävningssfasen som kan bero på att kraften vid frånskjutet av bakbenen inte blir lika uppåtriktad utan även riktas framåt. En generellt mindre uppåtriktad kraft efter frånskjut hos elithästarna skulle kunna medföra att skillnaden i PDmax mellan ytter och inner bakben inte blir lika stor hos elithästarna. Det är möjligt att elithästarna också har en bättre balans och styrka än unghästarna som gör att de kan hålla en mer upprätt kroppsposition och på så sätt fördela frånskjutskraften mer jämnt mellan bakbenen. Då det kan finnas skillnader mellan hur hästar inom de olika disciplinerna tränas, hade det varit intressant att jämföra unghästarna med endast elithästar inom disciplinen dressyr, eftersom dessa ofta är mer arbetade på volt och mycket vikt läggs vid balans och liksidighet. Greve och Dyson (2016) såg att det fanns en skillnad i kroppslutning och rörelseasymmetri hos dressyrhästar med olika gångartspoäng. Det är möjligt att dressyrhästar generellt har en bättre kvalitet i gångarterna än hopphästar eftersom det är en viktig del i bedömningen under tävlingsmomentet. Det fanns dock inte tillräckligt många dressyrhästar som var symmetriska på rakt spår av de tidigare analyserade elithästarna. Därför inkluderades även hästar inom hoppning. Det är möjligt att det hade varit en större skillnad i rörelseasymmetri mellan unghästar och elitpresterande dressyrhästar.

Felkällor

I studier där jämförelse mellan olika sensorbaserade rörelsesystem har gjorts har det visat sig att Lameness Locator kan underskatta värdena vid en ökad rörelseasymmetri (Pfau *et al.*, 2016b). Risken då sensorer sätts fast i pälsen som i denna studie är att huden rör sig över skelettet och det blir en felaktig mätning av den verkliga rörelsen. Det finns en skillnad i mätresultat vid jämförelse av sensorer som fästs i huden och sensorer som fästs direkt i skelettet över sacrum (Goff *et al.*, 2010). Trots att det ska finnas algoritmer i mjukvaran som tar denna variation i beräkning kan det finnas en risk att jämföra resultatet i denna studie med studier där andra typer av objektiva mätsystem har använts. Eftersom samtliga hästar som ingick i den här studien analyserades med Lameness Locator bör dock mätvärdena inom studien vara jämförbara med varandra.

Vid avgörande om hästen är halt eller inte är det osäkert om man ska bedöma de steg som är mest asymmetriska eller om det är bättre att använda sig av ett genomsnitt av flera steg (Dyson, 2011). Antalet steg som samlas in under mätningen kan därför vara relevant för resultatet då graden av hälta har setts variera mellan olika steg särskilt vid milda hältor (Peham *et al.*, 2001). 25 steg har visat sig vara

tillräckligt vid mätning med kraftmätningsskivor för att identifiera en mild hälsa (Weishaupt *et al.*, 2004) och har därför tillämpats som ett riktvärde i denna studie. Detta bör tas hänsyn till vid jämförelse av resultat med studier där antalet steg varit betydligt färre. Exempelvis hade hästarna i studien av Starke *et al.* (2012) ett medelvärde på 15 insamlade steg både vid mätning på rakt spår och på volt medan studien av Pfau *et al.* (2012) hade ett medelvärde på 21 steg i samtliga mätningar inklusive longering. På rakt spår fanns det fyra hästar i denna studie som hade färre än 25 insamlade steg (21-23 steg) men som bedömdes ha tillräckligt bra mätningar utan störningar. På volt omfattade samtliga mätningar ≥ 30 steg. Rhodin *et al.* (2017) diskuterade möjligheten att en hög variabilitet mellan olika steg kunde vara ett tecken på att hästen inte var halt eftersom den då inte bryr sig om hur den rör sig i varje steg. Det skulle också förklara varför de symmetriska hästarna får en högre standardavvikelse än de hästar som rör sig asymmetriskt.

Det är möjligt att skillnader i hastighet och volt diameter mellan höger och vänster varv kan ha gett upphov till en skillnad i rörelsesymmetri mellan varven och mellan olika individer, vilket innebär att det är viktigt att försöka standardisera hastighet och voltstorlek vid mätningarna (Starke *et al.*, 2012; 2013; Pfau *et al.*, 2012; 2016a). Hästarna i denna studie fick fritt välja tempo på rakt och böjt spår så länge de höll sig i trav och inte gick alltför långsamt. Eftersom information om exakt hastighet inte kunde erhållas kan det ha funnits en skillnad i hastighet mellan olika individer och mellan de två grupperna av hästar. Uppgifter om ett exakt värde på voltstorleken saknas i studien, men hade varit värdefullt eftersom Starke *et al.* (2012) visat att en minskad voltstorlek kan göra hästen mer asymmetrisk genom en ökning av kroppslutningen. Försök att standardisera voltstorleken till 10 meter i diameter gjordes genom att sätta en knut fem meter ut på longerlinan vid mätning av unghästarna. Eftersom storleken kan bli både större eller mindre beroende på om personen som longerar inte står helt stilla eller om linan är slak, finns det dock en risk att voltstorleken kan variera något. Under mätningarna observerades det att unghästarna ofta hade svårt att hålla en jämn hastighet och diameter vid longering. Det är möjligt att variationen i hastighet och voltstorlek hos unghästarna kan bero på att de har en sämre balans och kroppskontroll på voltspåret och att det har bidragit till en större rörelsesymmetri hos dessa hästar. En variation i hastighet och voltstorlek skulle således kunna vara direkt kopplat till utbildningsgraden och behöver inte nödvändigtvis vara en felkälla för resultatet. Enligt uppgift var det 9 av elithästarna som höll en voltstorlek på 15 meter i diameter vilket är större än för unghästarna. Detta skulle kunna orsaka en lägre grad av rörelsesymmetri hos de hästar som longerades på en större volt med hänsyn till de observationer som tidigare gjorts (Pfau *et al.*, 2012; Starke *et al.*, 2012). Hastighet och voltstorlek som enda orsak till skillnaden i rörelsesymmetri mellan grupperna kan däremot inte förklara varför en signifikant skillnad endast kunde ses för PDmax och inte för PDmin eftersom hastighet och voltstorlek i en tidigare studie av Pfau *et al.* (2012) visade sig ha störst effekt på PDmin.

En effekt av kroppslutningen på graden av rörelsesymmetri har tidigare setts vid longering av en och samma häst och kan vara orsakat av en variation i hastighet och voltstorlek men också som följd av hästens huvudrörelser och dess effekt på viktfordelningen (Clayton & Sha, 2006). En förändring av kroppslutningen från steg till steg skulle kunna ge olika stor påverkan på PDmin och PDmax.

Målet i denna studie var att samtliga hästar skulle ha utfört momenten i samma ordning vid mättillfället. Det var dock en av elithästarna och 5 av unghästarna som travades på rakt spår efter longering istället för innan. Beroende på bakomliggande orsak till en rörelsesymmetri finns det möjlighet att hästen blir mer eller mindre symmetrisk efter uppvärmning och att momentens ordningsföljd kan påverka den individuella graden av rörelsesymmetri vid varje mätning. Unghästar skulle kunna tänkas bli mindre stökiga då de fått röra på sig lite medan äldre hästar kan värma ur en eventuell stelhet i kroppen. Det är också möjligt att hästarna istället får en ökad rörelsesymmetri till följd av trötthet då de longerats ett tag. Ett alternativ hade varit att ordningen randomiserades vid varje mätning för att minska risken för påverkan på resultatet.

Då samtliga hästar i studien har haft olika förutsättningar under sin uppväxt i form av inhysningsform, träningsintensitet och träningsupplägg kan hästarna inte jämföras med varandra på helt lika villkor. Eftersom olika träningsprogram och under vilken tid i hästens liv man har tillämpat dessa påverkar hur hästens rörelseapparat anpassar sig (Hoogen *et al.*, 1999; Rivero, 2007) kan det finnas individuella skillnader hur hästarna hanterar det böjda spåret vid longering. Hur träningen påverkar rörelsemönstret hos hästar skulle behöva studeras under en längre tid där samma individer följs genom upprepade mätningar för att på så sätt minska risken att andra faktorer vid det enskilda mättillfället påverkar resultatet.

Det går inte heller att särskilja faktorerna ålder och utbildningsgrad då utbildningen naturligt ökar med åldern hos de hästar som är inkluderade i denna studie. En möjlighet att hålla ålder och utbildningsgrad som två oberoende faktorer skulle kunna vara att hitta en grupp äldre hästar som ej blivit utbildade att jämföra med.

Jämförelse mellan unga utbildade hästar och äldre mer välutbildade hästar har i denna studie baserats på ett urval av få individer vilket kan påverka resultatets trovärdighet. Grupper om ca 100 individer i varje hade givit resultatet högre trovärdighet. Då endast ca 30 % av friska hästar enligt tidigare studier har visat sig vara symmetriska vid trav på rakt spår (Rhodin *et al.*, 2017) innebär det att många hästar behöver mätas och tidsperioden på tre månader räckte inte till för detta. Det var också svårt att inkludera tillräckligt många tidigare analyserade elithästar i studien då en del av dessa saknade anamnesblankett som fick skickas ut i efterhand och inte hann komma tillbaka. Det hade även varit önskvärt att samtliga elithästar longerats på en 10-metersvolt eftersom en skillnad i voltstorlek kan ha påverkat graden av rörelseasymmetri mellan grupperna.

KONKLUSION

Resultatet av denna studie visade på en signifikant skillnad i bäckenets rörelseasymmetri mellan unga utbildade och äldre mer välutbildade hästar vid longering i trav på volt. Skillnaden i rörelseasymmetri gällde för bakbenens påskjutsfas (PD_{max}) där unghästarna hade en större skillnad i bäckenets uppåtriktade vertikala rörelse mellan höger och vänster bakben än de äldre utbildade hästarna men inte för belastningsfasen (PD_{min}). Detta stödjer hypotesen att ökad ålder och träning minskar graden av hästars rörelseasymmetri. Ett begränsat antal hästar har undersökts i denna studie och en jämförelse mellan två större grupper skulle kunna ge en större säkerhet.

REFERENSER

- Back, W., W. Hartman, H. C. Schamhardt, G. Bruin, och A. Barneveld. "Kinematic response to a 70 day training period in trotting Dutch warmbloods". *Equine Veterinary Journal* 27, nr S18 (01 maj 1995): 127–31. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1995.tb04904.x>.
- Bell, R. P., S. K. Reed, M. J. Schoonover, C. T. Whitfield, Y. Yonezawa, H. Maki, P. F. Pai, och K. G. Keegan. "Associations of force plate and body-mounted inertial sensor measurements for identification of hind limb lameness in horses". *American Journal of Veterinary Research* 77, nr 4 (30 mars 2016): 337–45. <https://doi.org/10.2460/ajvr.77.4.337>.
- Brocklehurst, C., R. Weller, och T. Pfau. "Effect of turn direction on body lean angle in the horse in trot and canter". *The Veterinary Journal* 199, nr 2 (01 februari 2014): 258–62. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.11.009>.
- Buchner, H. H. F., S. Obermüller, och M. Scheidl. "Body Centre of Mass Movement in the Lamé Horse". *Equine Veterinary Journal* 33, nr S33 (01 april 2001): 122–27. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2001.tb05374.x>.
- Chateau, H., D. Robin, T. Simonelli, L. Pacquet, Philippe Pourcelot, S. Falala, J. Denoix, och N. Crevier-Denoix. "Design and validation of a dynamometric horseshoe for the measurement of three-dimensional ground reaction force on a moving horse". *Journal of Biomechanics* 42, nr 3 (februari 2009): 336–40. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.11.017>.
- Clayton, H. M., och D. H. Sha. "Head and body centre of mass movement in horses trotting on a circular path". *Equine Veterinary Journal* 38, nr S36 (01 augusti 2006): 462–67. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2006.tb05588.x>.
- Drevemo, S., I. Fredricson, G. Hjertén, och D. McMiken. "Early development of gait asymmetries in trotting standardbred colts". *Equine Veterinary Journal* 19, nr 3 (01 maj 1987): 189–91. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1987.tb01373.x>.
- Dyson, S. "Can lameness be graded reliably?" *Equine Veterinary Journal* 43, nr 4 (01 juli 2011): 379–82. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2011.00391.x>.
- Egenvall, A., J. C. Penell, B. N. Bonnett, P. Olson, och J. Pringle. "Mortality of Swedish horses with complete life insurance between 1997 and 2000: variations with sex, age, breed and diagnosis". *Veterinary Record* 158, nr 12 (25 mars 2006): 397–406. <https://doi.org/10.1136/vr.158.12.397>.
- Equinosis, 2016. Equinosis 2016-01-27. Lameness Locator User Manual.
- Goff, L., P. R. Van Weeren, L. Jeffcott, P. Condie, och C. McGowan. "Quantification of equine sacral and iliac motion during gait: a comparison between motion capture with skin-mounted and bone-fixated sensors". *Equine Veterinary Journal* 42 (01 november 2010): 468–74. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00204.x>.
- Greve, L., och S. Dyson. "Body lean angle in sound dressage horses in-hand, on the lunge and ridden". *The Veterinary Journal* 217, nr Supplement C (01 november 2016): 52–57. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2016.06.004>.
- Halling Thomsen, M., A. Tolver Jensen, H. Sørensen, C. Lindegaard, och P. Haubro Andersen. "Symmetry indices based on accelerometric data in trotting horses". *Journal of Biomechanics* 43, nr 13 (17 september 2010): 2608–12. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2010.05.004>.
- Hammarberg, M., A. Egenvall, T. Pfau, och M. Rhodin. "Rater agreement of visual lameness assessment in horses during lungeing". *Equine Veterinary Journal* 48, nr 1 (01 januari 2016): 78–82. <https://doi.org/10.1111/evj.12385>.

- Hewetson, M., R. M. Christley, I. D. Hunt, och L. C. Voute. "Investigations of the reliability of observational gait analysis for the assessment of lameness in horses". *Veterinary Record* 158, nr 25 (24 juni 2006): 852–58. <https://doi.org/10.1136/vr.158.25.852>.
- Hobbs, S. J., T. Licka, och R. Polman. "The difference in kinematics of horses walking, trotting and cantering on a flat and banked 10 m circle". *Equine Veterinary Journal* 43, nr 6 (01 november 2011): 686–94. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00334.x>.
- Hoogen, B. M. van den, C. H. A. van den Lest, P. R. van Weeren, L. M. G. van Golde, och A. Barneveld. "Effect of exercise on the proteoglycan metabolism of articular cartilage in growing foals". *Equine Veterinary Journal* 31, nr S31 (01 november 1999): 62–66. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1999.tb05315.x>.
- Hopkins, S., och T. Pfau. "Effect of side of handling on movement symmetry in horses". *Equine Veterinary Journal* 46 (01 juni 2014): 42–42. https://doi.org/10.1111/evj.12267_127.
- Keegan, K. G., E. V. Dent, D. A. Wilson, J. Janicek, J. Kramer, A. Lacarrubba, D. M. Walsh, m.fl. "Repeatability of subjective evaluation of lameness in horses". *Equine Veterinary Journal* 42, nr 2 (01 mars 2010): 92–97. <https://doi.org/10.2746/042516409X479568>.
- Keegan, K. G., J. Kramer, Y. Yonezawa, H. Maki, P. F. Pai, E. V. Dent, T. E. Kellerman, D. A. Wilson, och S. K. Reed. "Assessment of repeatability of a wireless, inertial sensor–based lameness evaluation system for horses". *American Journal of Veterinary Research* 72, nr 9 (01 september 2011): 1156–63. <https://doi.org/10.2460/ajvr.72.9.1156>.
- Kirbow, K. L., och K. J. Duberstein. "Effects of a 90 day training program on gait quality in 2 year-old horses". *Journal of Equine Veterinary Science, Proceedings of the 2011 Equine Society Symposium*, 31, nr 5 (01 maj 2011): 324. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2011.03.160>.
- McCracken, M. J., J. Kramer, K. G. Keegan, M. Lopes, D. A. Wilson, S. K. Reed, A. LaCarrubba, och M. Rasch. "Comparison of an inertial sensor system of lameness quantification with subjective lameness evaluation". *Equine Veterinary Journal* 44, nr 6 (01 november 2012): 652–56. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2012.00571.x>.
- McGreevy, P. D., och L. J. Rogers. "Motor and sensory laterality in thoroughbred horses". *Applied Animal Behaviour Science* 92, nr 4 (01 augusti 2005): 337–52. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.11.012>.
- Murphy, J., A. Sutherland, och S. Arkins. "Idiosyncratic motor laterality in the horse". *Applied Animal Behaviour Science* 91, nr 3–4 (juni 2005): 297–310. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2004.11.001>.
- Murray, R. C., M. V. Branch, S. J. Dyson, T. D. H. Parkin, och A. E. Goodship. "How does exercise intensity and type affect equine distal tarsal subchondral bone thickness?" *Journal of Applied Physiology* 102, nr 6 (01 juni 2007): 2194–2200. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00709.2006>.
- Murray, R. C., S. J. Dyson, C. Tranquille, och V. Adams. "Association of type of sport and performance level with anatomical site of orthopaedic injury diagnosis". *Equine Veterinary Journal* 38, nr S36 (01 augusti 2006): 411–16. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2006.tb05578.x>.
- Murray, R. C., J. M. Walters, H. Snart, S. J. Dyson, och T. D. H. Parkin. "Identification of risk factors for lameness in dressage horses". *The Veterinary Journal* 184, nr 1 (01 april 2010): 27–36. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2009.03.020>.
- Nissen, A.L., P.H. Andersen, R. Buhl, L. Kühnel, H. Sørensen, och M.H. Thomsen. "Influence of breaking-in and ridden exercise on trunk movement symmetry in young warmblood horses". *Equine Veterinary Journal* 48 (01 augusti 2016): 28–28. https://doi.org/10.1111/evj.54_12595.

- Olsen, E., T. Pfau, och C. Ritz. "Functional limits of agreement applied as a novel method comparison tool for accuracy and precision of inertial measurement unit derived displacement of the distal limb in horses". *Journal of Biomechanics* 46, nr 13 (03 september 2013): 2320–25. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2013.06.004>.
- Parkes, R. S. V., R. Weller, A. M. Groth, S. May, och T. Pfau. "Evidence of the development of 'domain-restricted' expertise in the recognition of asymmetric motion characteristics of hindlimb lameness in the horse". *Equine Veterinary Journal* 41, nr 2 (01 februari 2009): 112–17. <https://doi.org/10.2746/042516408X343000>.
- Peham, C., T. Licka, D. Girtler, och M. Scheidl. "The Influence of lameness on equine stride length consistency*". *The Veterinary Journal* 162, nr 2 (01 september 2001): 153–57. <https://doi.org/10.1053/tvjl.2001.0593>.
- Penell, J. "Secondary Databases in Equine Research". Doctoral thesis, 2009. <https://pub.epsilon.slu.se/2119/>.
- Pfau, T., H. Boulton, H. Davis, A. Walker, och M. Rhodin. "Agreement between two inertial sensor gait analysis systems for lameness examinations in horses". *Equine Veterinary Education* 28, nr 4 (01 april 2016b): 203–8. <https://doi.org/10.1111/eve.12400>.
- Pfau, T., C. Jennings, H. Mitchell, E. Olsen, A. Walker, A. Egenvall, S. Tröster, R. Weller, och M. Rhodin. "Lungeing on hard and soft surfaces: movement symmetry of trotting horses considered sound by their owners". *Equine Veterinary Journal* 48, nr 1 (01 januari 2016a): 83–89. <https://doi.org/10.1111/evj.12374>.
- Pfau, T., N. C. Stubbs, L. J. Kaiser, L. E. A. Brown, och H. M. Clayton. "Effect of trotting speed and circle radius on movement symmetry in horses during lungeing on a soft surface". *American Journal of Veterinary Research* 73, nr 12 (23 november 2012): 1890–99. <https://doi.org/10.2460/ajvr.73.12.1890>.
- Pfau, T., och R. Weller. "Comparison of a standalone consumer grade smartphone with a specialist inertial measurement unit for quantification of movement symmetry in the trotting horse". *Equine Veterinary Journal* 49, nr 1 (01 januari 2017): 124–29. <https://doi.org/10.1111/evj.12529>.
- Pfau, T., T. H. Witte, och A. M. Wilson. "A method for deriving displacement data during cyclical movement using an inertial sensor". *Journal of Experimental Biology* 208, nr 13 (01 juli 2005): 2503–14. <https://doi.org/10.1242/jeb.01658>.
- Rhodin, M., A. Egenvall, P. Haubro Andersen, och T. Pfau. "Head and pelvic movement asymmetries at trot in riding horses in training and perceived as free from lameness by the owner". *PLOS ONE* 12, nr 4 (25 april 2017): e0176253. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176253>.
- Rhodin, M., T. Pfau, L. Roepstorff, och A. Egenvall. "Effect of lungeing on head and pelvic movement asymmetry in horses with induced lameness". *The Veterinary Journal*, e-Supplement: 7th International Conference on Canine and Equine Locomotion, 198, nr Supplement 1 (01 december 2013): e39–45. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.09.031>.
- Rhodin, M., L. Roepstorff, A. French, K. Keegan, T. Pfau, och A. Egenvall. "Head and pelvic movement asymmetry during lungeing in horses with symmetrical movement on the straight". *Equine Veterinary Journal* 48 (25 mars 2015). <https://doi.org/10.1111/evj.12446>.
- Rivero, J.-L. L. "A scientific background for skeletal muscle conditioning in equine practice". *Journal of Veterinary Medicine Series A* 54, nr 6 (01 augusti 2007): 321–32. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.2007.00947.x>.

- Robartes, H., H. Fairhurst, och T. Pfau. "Head and pelvic movement symmetry in horses during circular motion and in rising trot". *The Veterinary Journal*, e-Supplement: 7th International Conference on Canine and Equine Locomotion, 198, nr Supplement 1 (01 december 2013): e52–58. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.09.033>.
- Ross, M. W. "Chapter 2 - Lameness in horses: basic facts before starting". I *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse (Second Edition)*, 3–8. Saint Louis: W.B. Saunders, 2011. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4160-6069-7.00002-X>.
- Ross, M. W. "Chapter 7 - Movement". I *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse (Second Edition)*, 64–80. Saint Louis: W.B. Saunders, 2011. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4160-6069-7.00007-9>.
- Starke, S. D., K. J. Raistrick, S. A. May, och T. Pfau. "The effect of trotting speed on the evaluation of subtle lameness in horses". *The Veterinary Journal* 197, nr 2 (01 augusti 2013): 245–52. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.03.006>.
- Starke, S. D., E. Willems, S. A. May, och T. Pfau. "Vertical head and trunk movement adaptations of sound horses trotting in a circle on a hard surface". *The Veterinary Journal* 193, nr 1 (01 juli 2012): 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2011.10.019>.
- Weeren, P. R. van, E. C. Firth, H. Brommer, M. M. Hyttinen, H. J. Helminen, C. W. Rogers, J. DeGroot, och P. a. J. Brama. "Early exercise advances the maturation of glycosaminoglycans and collagen in the extracellular matrix of articular cartilage in the horse". *Equine Veterinary Journal* 40, nr 2 (01 mars 2008): 128–35. <https://doi.org/10.2746/042516408X253091>.
- Weishaupt, M. A., T. Wiestner, H. P. Hogg, P. Jordan, och J. A. Auer. "Compensatory load redistribution of horses with induced weightbearing hindlimb lameness trotting on a treadmill". *Equine Veterinary Journal* 36, nr 8 (01 december 2004): 727–33. <https://doi.org/10.2746/0425164044848244>.
- Wells, A. E. D., och D. Blache. "Horses do not exhibit motor bias when their balance is challenged". *Animal* 2, nr 11 (november 2008): 1645–50. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002772>.
- Wiggers, N., S. LP. Nauwelaerts, S. J. Hobbs, S. Bool, C. F. Wolschrijn, och W. Back. "Functional locomotor consequences of uneven forefeet for trot symmetry in individual riding horses". *PLOS ONE* 10, nr 2 (2015). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0114836>.
- Wilson, G. H., K. McDonald, och M. J. O'Connell. "Skeletal forelimb measurements and hoof spread in relation to asymmetry in the bilateral forelimb of horses". *Equine Veterinary Journal* 41, nr 3 (01 mars 2009): 238–41. <https://doi.org/10.2746/042516409X395561>.
- Wrangberg, T., 2017. Skillnader i förekomsten av rörelseasymmetrier hos unghästar jämfört med vuxna tävlingshästar.
- Wren, T. A. L., G. E. Gorton, S. Öunpuu, och C. A. Tucker. "Efficacy of clinical gait analysis: A systematic review". *Gait & Posture* 34, nr 2 (01 juni 2011): 149–53. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.03.027>.