



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin
och husdjursvetenskap

Tidsförskjutning mellan häst och ryttares rörelser vid ridning

**Time discrepancy between movement of
horse and rider at riding**

Martina Hagerlind

*Uppsala
2019*

Tidsförskjutning mellan häst och ryttares rörelser vid ridning

Time discrepancy between movement of horse and rider at riding

Martina Hagerlind

Handledare: Agneta Egenvall, institutionen för kliniska vetenskaper

Biträdande handledare: Anna Byström, 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: EX0869

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2019

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

Nyckelord: häst-ryttarinteraktion, fasförskjutning, ridning, häst, ryttare

Key words: horse-rider interaction, phase shift, riding, horse, rider

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för kliniska vetenskaper

SAMMANFATTNING

Ett av dressyrens huvudmål är att skapa harmoni mellan häst och ryttare, och en förutsättning för detta är att ryttaren har en välbalanserad och följsam sits. Syftet med detta arbete var att utreda i vilken utsträckning ryttare rör sig i harmoni med hästen under ridning, det vill säga om ryttarens rörelser följer hästens utan större fasförskjutning, liksom om det förekommer en tidsförskjutning mellan hästens olika kroppssegments vertikala rörelser vid ridning i nedsutten trav.

Data användes från ett tidigare utfört experiment då tio meriterade dressyryttare korsvis riddo tio hästar, under ett standardiserat dressyrprogram. Data registrerades med mätenheter för tröghetsnavigering (IMU, inertial measurement units) placerade på hästarnas nacke och ländrygg, respektive ryttarnas brösttrygg. Omfånget och tiden för den vertikala förflyttningen av olika kroppssegment jämfördes hos både häst och ryttare, under olika övningar i nedsutten trav, och skillnaden testades för statistisk signifikans med hjälp av parade t-test, med tvåsidig fördelning. I detta arbete gjordes en begränsning till två ryttare och tio hästar, sensorerna på ryttarens brösttrygg, hästens nacke och ländrygg samt övningarna trav snett igenom, diagonalsluta åt höger och vänster samt volt till höger och vänster.

Signifikant fasförskjutning mellan häst och ryttare kunde ses i alla övningar hos båda ryttarna, i samtliga fall var ryttarens rörelser efter hästens. Vid ridning i trav snett igenom var båda ryttarna efter hästen i stegets alla faser, medan de vid ridning på voltspår och i sluta endast var efter hästen i delar av steget. I sluta och på volt kunde också en skillnad mellan ryttarna ses, där ryttare 2 i delar av steget var mer efter hästen än ryttare 1 på samma häst. Mellan hästens nacke och ländrygg kunde fasförskjutning ses i alla övningar och för båda ryttarna, men endast i delar av steget, och i samtliga fall var nackens rörelser efter ländryggens. Vid ridning på voltspår uppvisade hästens nackrörelser och ryttarens brösttryggrörelser fasförskjutning relativt hästens ländryggrörelser, i samma delar av steget.

Fasförskjutning förekommer alltså både mellan häst och ryttarens rörelser och mellan hästens olika kroppssegments rörelser vid ridning såväl på raka som böjda spår i nedsutten trav. Graden av fasförskjutning varierar mellan övningar och till viss del även mellan olika ryttare. Häst-ryttarinteraktion är ett komplext ämne och för att få en bättre bild av fasförskjutning mellan häst och ryttarens rörelser bör samtliga gångarter och ytterligare övningar studeras, liksom den eventuella effekten på ridkvaliteten, hästens rörelser och graden av lösgjordhet.

SUMMARY

Harmony between horse and rider is one of the main goals in riding, and an important assessment point when competing in dressage. The aim of this study was to investigate to what extent horse and rider move in phase, and if there is a phase shift between vertical movements of the horse's different body parts, when riding in different exercises at sitting trot.

Ten professional dressage riders all rode the same ten horses for a standardized dressage program. Horses and riders were equipped with inertial measurement units placed on the horses' poll and lumbar back and on the riders' upper back. Using data from the inertial measurement units, vertical displacement maximum and minimum value time was compared between the different body parts of horse and rider and tested for significant differences by using two-tailed t-test. This study was limited to only two riders, comparing data from the sensors placed on the rider's back, the horses lumbar back and the horse's poll, in the exercises trot on the diagonal, half pass to the right and left, and circle to the right and left.

In all exercises both riders moved out of phase relative to the horse. In trot on the diagonal, phase shift occurred in all phases of the step, while in half pass and riding on the circle it only occurred in parts of the step. A difference between the riders could be seen in half pass and on the circle, with rider 2 moving more out of phase than rider 1 in some parts of the step. Regarding the vertical movement of the horse's poll and lumbar back, the poll moved out of phase relative to the lumbar back in one or more parts of the step, in all exercises and for both riders.

Phase shift occurs both between the vertical movements of horse and rider, and of the horse's different body parts, when riding in sitting trot. The extent seems to depend on both variety of exercise and rider. One way to better understand the complexity of horse-rider interaction is by further investigation of phase shift between horse and rider, in all gaits and additional exercises, and of the possible effects of phase shift on quality of riding, movements and suppleness of the horse.

INNEHÅLL

INLEDNING	1
LITTERATURÖVERSIKT.....	1
Hästens stegcykel	1
Ryttarens sits	1
Böjda spår.....	2
Fasförskjutning.....	2
Mätenheter för tröghetsnavigering	2
MATERIAL OCH METODER.....	3
Studiegrupp	3
Design.....	3
Mätutrustning	3
Datahantering	4
Statistik.....	5
RESULTAT	5
Ryttarens fasförskjutning relativt hästen	5
Fasförskjutning av hästens nacke relativt dess ländrygg.....	7
DISKUSSION	8
POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING	10
Inledning.....	10
Litteraturöversikt	10
Material och Metod	10
Resultat.....	10
Diskussion	11
REFERENSER.....	12

INLEDNING

Redan på 1700-talet beskrev Francois Robichon de La Guérinière vikten av en god sits för att kunna uppnå ridkonstens fullkomlighet (Guérinière, 1994). Dessa ideal har levt kvar och än idag betraktas en god sits som en förutsättning för att ryttaren ska kunna vara följsam med hästens rörelser, och harmoni mellan häst och ryttare än en viktig bedömningspunkt vid tävling inom modern dressyrledning (Svenska ridsportförbundet, 2017). Färförskjutning, det vill säga tidsförskjutning mellan häst och ryttares rörelser, är med andra ord en effekt man eftersträvar att minimera vid all form av dressyrledning. Tidigare har färförskjutning mellan häst och ryttare studerats vid ridning rakt fram på rakställd häst, antingen på rullmatta (Byström *et al.*, 2009, Byström *et al.*, 2015) eller på sandbana (Eckardt & Witte, 2017) men få studier är gjorda vid ridning på böjt spår eller i böjda övningar. Syftet med denna studie var att försöka ta reda på om det finns någon färförskjutning mellan häst och ryttares vertikala rörelser vid ridning i nedsutten trav; rakt fram på det diagonala spåret över ridbanan, i höger respektive vänster sluta på det diagonala spåret över ridbanan och på voltspår i höger respektive vänster varv. Likaså om det finns någon färförskjutning mellan hästens olika kroppssegments vertikala rörelser, vid ridning i samma övningar. Om färförskjutning föreligger var syftet också att utreda om denna skiljer sig åt mellan olika ryttare.

LITTERATURÖVERSIKT

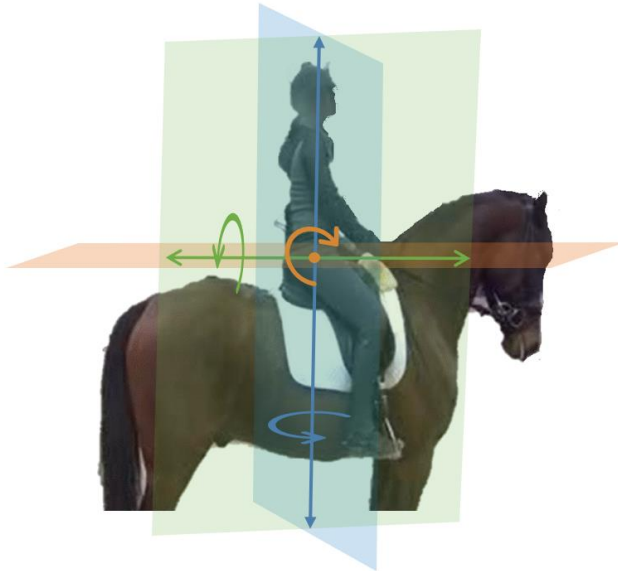
Hästens stegcykel

Hästens stegcykel består av en belastningsfas och en svävningssfas, där ett steg betraktas som tiden mellan två på varandra följande markkontakter, för samma ben (Clayton, 2004). Trav är en regelbunden, tvåtaktig gångart där de diagonala benparen rör sig samfälligt. Under en stegcykel rör sig hästens huvud och kors upp och ned två gånger, där de vertikala minimumvärdena nås i mitten av respektive benpars belastningsfas och maximumvärdena strax efter, eller i slutet av, respektive benpars belastningsfas (Buchner *et al.*, 1996). Under första halvan av belastningsfasen när hästens rygg sjunker (Byström *et al.*, 2009) uppstår en extension i hästens rygg, vilken stabiliseras av *m. rectus abdominis* (Kienapfel *et al.*, 2018). Under den andra halvan av belastningsfasen, när hästen skjuter ifrån marken och ryggen rör sig uppåt, samt under svävningssfasens första halva, verkar samma sidas *m. longissimus dorsi* stabiliserande. *M. obliquus externus* stabiliserar kroppen från rotation i sidled (Kienapfel *et al.*, 2018).

Ryttarens sits

Ryttarens sits måste vara mjuk, stabil och välbalanserad för att ryttaren ska kunna känna alla hästens rörelser och på ett korrekt sätt kunna inverka med sina hjälper på den samma, liksom för att hästen ska kunna röra sig avslappnat och i balans under sin ryttare (Ritter, 2010). Ryttarens bäcken spelar en central roll och är utgångspunkten för all hjälpgivning. Byström *et al.* (2009) visade vid en studie av sju högutbildade dressyrhästar och deras ryttare att både ryttare och sadel följer ett generellt rörelsemönster vid ridning vilket är relaterat till hästens rörelser, framför allt de vertikala och horisontella hastighetsförändringar som sker i hästens bål. I trav rör sig ryttarens säte under första halvan av steget nedåt framåt, sedan nedåt bakåt och under andra halvan av steget uppåt. Rotation av ryttarens bäcken runt transversalaxeln följer en bifasisk kurva för varje diagonal, där det under första halvan av belastningsfasen roterar framåt (medurs rotation sett från höger) och under andra halvan av belastningsfasen och i svävningss-

fasen roterar bakåt. Rotation runt sagittalaxeln sker bort från det belastade bakbenet under stegets första halva och varierar i riktning under stegets andra halva. Generellt är rotationen av ryttarens bäcken större kring transversalaxeln än sagittalaxeln (Münz *et al.*, 2013). För illustration av ryttarens anatomiska axlar och plan, se figur 1.



Figur 1. Illustration av ryttarens anatomiska axlar och plan. Transversalaxeln (orange punkt) löper horisontellt genom kroppen från sida till sida, sagittalaxeln (grön pil) löper horisontellt genom kroppen framifrån och bak, och vertikalaxeln (blå pil) löper vertikalt genom kroppen uppifrån och ned. Transversalplanet (orange fält) är horisontellt och delar in kroppen i en övre och en undre del, sagittalplanet (grönt fält) delar kroppen i en höger- och vänsterdel och frontalplanet (blått fält) löper vertikalt och delar kroppen i en främre och en bakre del.

Böjda spår

En häst som rör sig på ett voltspår tar längre steg med det yttre benparet än med det inre (Hobbs *et al.*, 2011). Ytter bakben belastas mer än det inre, vilket leder till att korset sjunker ned mer när det yttre bakbenet är i marken jämfört med när det inre bakbenet är i marken (Greve *et al.*, 2017, Robartes *et al.*, 2013). Hästen lutar sig också in mot mitten av volten, en effekt som avtar med ökad utbildningsnivå och korrekt ridning (Greve & Dyson, 2016). Hästen anses vid ridning på böjda spår behöva böja sin kropp lika mycket som spåret är böjt för att kunna röra sig rakriktat och i balans, det vill säga med fram- och bakhovarna följandes samma spår, och vikten jämnt fördelad över alla fyra ben (Ritter, 2010). I samband med att hästen böjer sin kropp, i den mån varje segment av hästens rygg tillåter, anses också en rotation av bröstkorgen, liksom en sänkning och ett framförande av den inre höften, ske (Ritter, 2010).

Fasförskjutning

Förekomst och grad av fasförskjutning kan undersökas på olika sätt. Byström *et al.* (2009) fann med hjälp av infraröda kameror och ett antal reflekterande markörer hos häst och ryttare, fasförskjutning mellan häst och ryttares rörelser vid ridning i samlad trav på rullmatta. Undersökningen omfattade sju högutbildade dressyrhästar och deras ryttare. I både belastningsfas och svävningssfas uppnåddes max- och minimumvärden för ryttarens rörelser i sagittalplan och i vertikalled senare än max- och minimumvärden för hästens ländryggsrörelser i vertikalled (Byström *et al.*, 2009). Vid jämförelse av fasförskjutning mellan fri trav (trav på lång tygel), samlad trav och passage var skillnaden mellan häst och ryttares rörelser minst i passage, något större i samlad trav och störst i fri trav (Byström *et al.*, 2015).

Mätenheter för tröghetsnavigering

Ett annat sätt att kvantifiera hästens och ryttarens kinematik och mäta fasförskjutning under fältmässiga former istället för på rullmatta är med mätenheter för tröghetsnavigering (IMU, inertial measurement units), vilket är små sensorer utrustade med 3D-accelerometer, -

magnetometer och -gyroskop (Eckardt *et al.*, 2014). Dessa kan placeras på olika anatomiska strukturer hos häst och ryttare och mäter accelerationer, styrkan i magnetfält och vinkelhastighet längs respektive runt sensors x-, y- och z-axel. Genom att jämföra data från en IMU placerad på ryttarens rygg, i höjd med bäckenet, med data från en likadan sensor på hästens sadelgjord, intill bröstbenet, har man i tidigare studier påvisat en fasförskjutning mellan ryttarens bäcken och hästens bål i vertikal acceleration, rotation kring sagittalaxeln (Eckardt & Witte, 2017) och rotation kring transversalaxeln (Münz *et al.*, 2014), vid ridning i nedsutten trav på rakt spår. Sensorerna kan även användas för att upptäcka rörelseasymmetrier och håltor, till exempel genom att placera dem på, och mäta det vertikala rörelseomfånget för hästens nacke och kors, vid höger respektive vänster fram- och bakbens belastningsfaser (Keegan *et al.*, 2004). Vid en frambenshälta sjunker hästens huvud ned mindre vid belastning av det halta frambenet, jämfört med vid belastning av det friska frambenet, och vid en bakbenshälta sjunker hästens kors ned mindre vid belastning av det halta bakbenet, jämfört med det friska (Keegan *et al.*, 2004).

MATERIAL OCH METODER

Studiegrupp

Tio professionella, kvinnliga danska dressyryttare och tio tävlingshästar inom dressyr (åtta varmblod, två ponnyer) rekryterade till försöket via inbjudan. Hästarna var utrustade med sin egen sadel och träs (nio av tio hästar), alternativt kandar (en av tio hästar) samt i förekommande fall benskydd i form av strykkappor eller senskydd. I detta arbete gjordes en begränsning till två ryttare, ryttare 1 och 2 (R1 och R2), och tio hästar som reds av båda ryttarna. Ryttare 1 (171 cm, 63 kg) var 45 år gammal och hade 40 års erfarenhet av ridning, ryttare 2 (167 cm, 63 kg) var 29 år gammal och hade 20 års erfarenhet av ridning.

Design

Försöket utfördes i ridhus med underlag av fibersand, på kort bana (20x30 meter). Alla tio ryttare red samtliga tio hästar, detta fördelat över fem dagar. Varje ekipage tilläts ca 8–10 minuters uppvärmning innan ett ca 4 minuter långt, standardiserat dressyrprogram reds. Dressyrprogrammet innehöll samtliga tre gångarter. I detta arbete har data från följande övningar under nedsutten trav använts; trav snett igenom (TravDiagonal), volt till höger (VoltH) och vänster (VoltV) samt diagonalsluta till höger (HSluta) och vänster (VSluta).

Mätutrustning

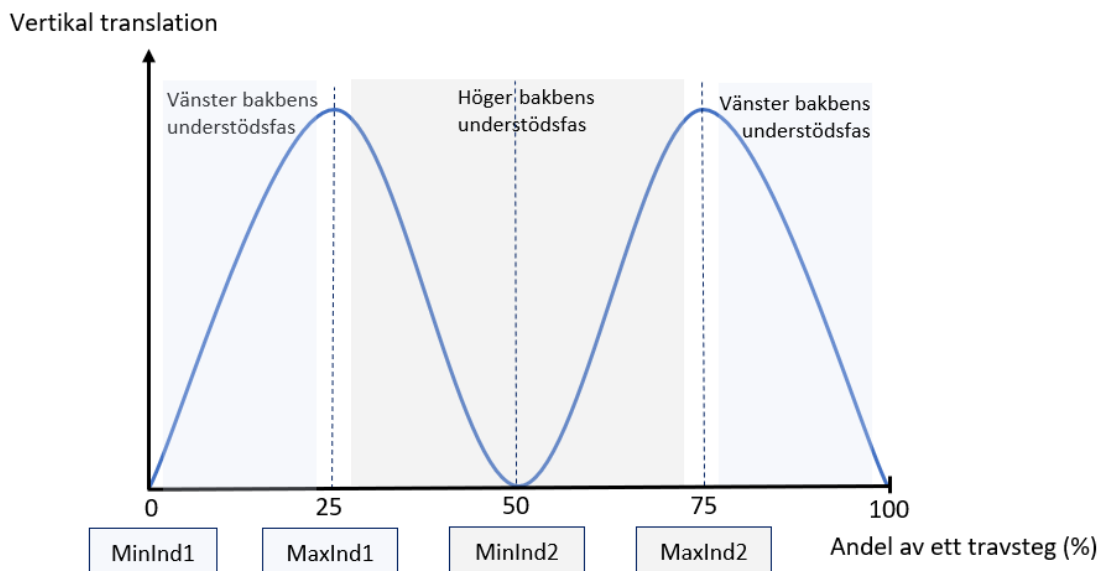
Små IMU (x-IMU, vikt 49 g, storlek 57 x 38 x 21 mm) med mätfrekvens 256 Hz fästes med hjälp av silver- och dubbelhäftande tejp på hästens nacke (sensor POLL), tredje ländkota (sensor L3) och kors (sensor S1) samt ryttarens huvud (sensor RiderHead), bröstrygg (sensor BACK) och höftbenskammar (sensor LHIP och RHIP), se figur 2. I detta arbete användes data för vertikal translation från sensorerna POLL, L3 och BACK. Sensorerna tidsinställdes och synkroniserades analogt morgon och kväll, de var påslagna utan avbrott under båda ryttarnas uppvärmning och ritt, och slogs endast av vid byte av häst. Hästarna bar även mätutrustning för sadel- och tygeltryck. Samtliga ritter videofilmades.



Figur 2. Placering av IMU på hästens nacke (POLL), tredje ländkota (L3) och kors (SI) samt ryttarens huvud (RiderHead), bröstrygg (BACK) och höftbenskam (RHIP).

Datahantering

Datainsamling från sensorerna tidssynkroniserades. Data överfördes till Matlab för segmentering och steguppdelning, där ett steg definierades som tiden mellan en markkontakt för vänster bakben till nästa. Data tidsnormaliserades till 0–100%. Tidsindex för varje stegs max- och minimumvärden i vertikal translation plockades ut, angivet i procent av stegtid. Medelvärden av dessa beräknades (MinInd1, MaxInd1, MinInd2, MaxInd2) för varje ryttare (n=2), övning, häst (n=10) och sensor (se figur 3). Min- och MaxInd1 motsvarade tidsindex för den vertikala translationen vid, respektive strax efter vänster bakbens understödsfas och Min- och MaxInd 2 motsvarade samma tidsindex vid, respektive strax efter höger bakbens understödsfas.



Figur 3. Vertikal translation under ett travsteg. Min- och MaxInd 1 är medelvärden av tidsindex för den vertikala translationens min- och maxvärden, angivet i procent av stegtid, för varje ryttare, övning, häst och sensor, vid, respektive strax efter, vänster bakbens understödsfas. Min- och MaxInd2 är medelvärden av motsvarande tidsindex vid, respektive strax efter, höger bakbens understödsfas.

För att utvärdera eventuell fasförskjutning av ryttarens rörelser i förhållande till hästen beräknades hos ryttare 1 och 2 medelvärde och standardavvikelse för differensen mellan

ryttarens rygg (BACK) och hästens tredje ländkota (L3) avseende MinInd1, MaxInd1, MinInd2, MaxInd2, där en positiv differens betyder att ryttarens rörelser är efter hästens. För att jämföra fasförskjutning hos de två olika ryttarna beräknades medelvärde och standardavvikelse för medelvärdena för differensen mellan BACK och L3 avseende MinInd1, MaxInd1, MinInd2, MaxInd2 hos ryttare 1 subtraherat med medeldifferensen mellan BACK och L3 avseende MinInd1, MaxInd1, MinInd2, MaxInd2 hos ryttare 2, där en positiv differens betyder att ryttare 1 har en större fasförskjutning till hästen än vad ryttare 2 har.

För att utvärdera en eventuell fasförskjutning mellan rörelserna av hästens olika kroppssegment beräknades hos ryttare 1 och 2 medelvärde och standardavvikelse för differensen mellan hästens nacke (POLL) och tredje ländkota (L3) avseende MinInd1, MaxInd1, MinInd2, MaxInd2, där en positiv differens betyder att nacken är efter ländryggen. För att jämföra om fasförskjutning mellan hästens nacke och ländrygg skiljer sig åt för de olika ryttarna beräknades medelvärde och standardavvikelse för medelvärdena för differensen mellan POLL och L3 avseende MinInd1, MaxInd1, MinInd2, MaxInd2 hos ryttare 1 subtraherat med medeldifferensen mellan POLL och L3 avseende MinInd1, MaxInd1, MinInd2, MaxInd2 hos ryttare 2 (MinInd1Diff, MaxInd1Diff, MinInd2Diff, MaxInd2Diff), där en positiv differens betyder att fasförskjutningen mellan hästens nacke och ländrygg är större med ryttare 1 än med ryttare 2. Ovanstående beräkningar gjordes för vardera övning TravDiagonal, VoltH, VoltV, HSluta och VSluta.

Statistik

Skillnaden mellan ryttarens och hästens rörelser (BACK-L3) liksom skillnaden mellan rörelserna hos hästens nacke och ländrygg (POLL-L3), avseende MinInd1, MaxInd1, MinInd2, MaxInd2 i övningarna TravDiagonal, VoltH, VoltV, HSluta och VSluta testades för statistisk signifikans ($P \leq 0,05$) med hjälp av parade t-test för normalfördelade data, tvåsidig fördelning, först hos ryttare 1 och sedan hos ryttare 2. På samma sätt testades medelvärden för differensen mellan POLL och L3 hos ryttare 1 subtraherat med differensen mellan POLL och L3 hos ryttare 2, avseende MinInd1, MaxInd1, MinInd2, MaxInd2 i övningarna TravDiagonal, VoltH, VoltV och HSluta.

RESULTAT

Ryttarens fasförskjutning relativt hästen

I samtliga statistiskt signifikanta fall av fasförskjutning i vertikal translation mellan ryttarens brösttrygg och hästens ländrygg, var ryttaren efter hästen (se sammanfattning i tabell 1a). Vid ridning i nedsutten trav snett igenom (TravDiagonal) var båda ryttarna fasförskjutna relativt hästen i stegets alla faser, det vill säga både min- och maxvärden för den vertikala translationen uppnåddes senare för ryttarens rygg än för hästens ländrygg, vid, respektive strax efter, båda bakbenens understödsfas (MinInd1, MaxInd1, MinInd2, MaxInd2). I diagonalsluta åt höger (HSluta) och vänster (VSluta) sågs också en fasförskjutning av båda ryttarna, men endast i den vertikala translationens max-värden, strax efter båda bakbenens understödsfas (MaxInd1 och MaxInd2). På voltspår i höger varv (VoltH) sågs fasförskjutning hos båda ryttarna i den vertikala translationens min- och maxvärden vid, respektive strax efter, det inre bakbenets understödsfas, samt i max-värdet strax efter det yttre bakbenets understödsfas (MinInd2, MaxInd2, MaxInd1). I vänster varv sågs samma mönster som i höger varv (MinInd1, MaxInd1, MaxInd2) med skillnaden att fasförskjutning i max-värdet strax efter det yttre bakbenets understödsfas (MaxInd2) endast sågs hos ryttare 2. Ryttare 1 visade generellt större

fasförskjutning till hästen än ryttare 2, men statistiskt signifikanta skillnader sågs endast i vänster diagonalslutas båda min-värden, i det inre bakbenets min-värde i volt till höger och det yttre bakbenets max-värde i volt till vänster (se tabell 1a).

Tabell 1a. Medelvärde, standardavvikelse (medel \pm SD, angivet i procent av stegtid) och P-värde (P) för fasförskjutningen av ryttarens brösttrygg (BACK) relativt hästens (n=10) ländrygg (L3) i tidpunkten för den vertikala translationens min- och maxvärde vid respektive strax efter vänster bakbens understödsfas (Min- och MaxInd1) och höger bakbens understödsfas (Min- och MaxInd2), hos ryttare 1 (R1) och 2 (R2) i övningarna trav snett igenom (TravDiagonal), höger sluta (HSluta), vänster sluta (VSluta), volt till höger (VoltH) och volt till vänster (VoltV). Positiva värden betyder att ryttaren är efter hästen. P-värden ≤ 0.05 är markerade fetstilta

	MinInd1		MaxInd1		MinInd2		MaxInd2	
	medel \pm SD	P	medel \pm SD	P	medel \pm SD	P	medel \pm SD	P
TravDiagonal R1	2.3 \pm 1.4	0.001	2.9 \pm 1.6	<0.001	2.2 \pm 1.5	0.002	3.7 \pm 1.8	<0.001
TravDiagonal R2	2.5 \pm 2.4	0.02	1.9 \pm 1.7	0.01	1.8 \pm 2.3	0.05	2.8 \pm 2.0	0.002
HSluta R1	0.7 \pm 1.7	0.29	3.5 \pm 1.6	<0.001	0.8 \pm 1.7	0.20	1.4 \pm 1.3	<0.001
HSluta R2	1.3 \pm 2.1	0.10	3.9 \pm 1.0	<0.001	1.2 \pm 1.8	0.07	3.2 \pm 1.5	<0.001
Vsluta R1	-0.5 \pm 1.6	0.42	3.3 \pm 1.5	<0.001	0.5 \pm 1.8	0.40	4.0 \pm 2.1	<0.001
Vsluta R2	1.0 \pm 1.8	0.09	4.0 \pm 1.8	<0.001	1.5 \pm 2.7	0.12	5.8 \pm 3.2	<0.001
VoltH R1	0.1 \pm 1.7	0.85	1.8 \pm 1.6	0.01	1.8 \pm 1.8	0.01	3.5 \pm 2.0	<0.001
VoltH R2	0.7 \pm 2.8	0.45	2 \pm 1.8	0.01	2.6 \pm 1.9	0.004	5.1 \pm 2.8	0.001
VoltV R1	2.1 \pm 2.0	0.01	4.5 \pm 2.2	<0.001	0.2 \pm 2.5	0.86	0.6 \pm 1.2	0.13
VoltV R2	2.1 \pm 1.9	0.01	5.2 \pm 2.8	0.001	0.1 \pm 2.7	0.90	1.5 \pm 1.7	0.03

Tabell 1 b. Medelvärde, standardavvikelse (medel \pm SD, angivet i procent av stegtid) och P-värde (P) för skillnaden i fasförskjutning mellan ryttare 1 och 2, definierat som differensen i tidsindex för den vertikala translationens min- och maxvärden (MinInd1, MaxInd1, MinInd2, MaxInd2) mellan ryttarens rygg (BACK) och hästens (n=10) ländrygg (L3) hos ryttare 1, subtraherat med differensen i tidsindex för den vertikala translationens min- och maxvärden (MinInd1, MaxInd1, MinInd2, MaxInd2) mellan ryttarens rygg (BACK) och hästens (n=10) ländrygg (L3) hos ryttare 2 (MinInd1Diff, MaxInd1Diff, MinInd2Diff, MaxInd2Diff). Negativ differens betyder att fasförskjutningen till hästen är större hos ryttare 2 än hos ryttare 1. P-värden ≤ 0.05 är markerade fetstilta

	MinInd1Diff		MaxInd1Diff		MinInd2Diff		MaxInd2Diff	
	Medel \pm SD	P	Medel \pm SD	P	Medel \pm SD	P	Medel \pm SD	P
TravDiagonal	-0.2 \pm 1.4	0.64	+1 \pm 1.8	0.13	+0.4 \pm 1.7	0.54	+0.8 \pm 1.4	0.11
HSluta	-0.6 \pm 1.2	0.14	0 \pm 2.4	0.10	-0.4 \pm 0.8	0.13	0 \pm 0.9	0.98
VSluta	-1.4 \pm 1.3	0.01	-0.7 \pm 1.2	0.11	-1 \pm 1.3	0.05	-1.8 \pm 3.3	0.13
VoltH	-0.6 \pm 2	0.36	-0.1 \pm 1.1	0.81	-0.5 \pm 1.2	0.01	-1.1 \pm 4.1	0.06
VoltV	-0.1 \pm 1.1	0.78	-0.7 \pm 2.7	0.48	0 \pm 1.0	0.70	-0.7 \pm 0.8	0.03

Fasförskjutning av hästens nacke relativt dess ländrygg

I samtliga statistiskt signifikanta fall av fasförskjutning i vertikal translation mellan hästens nacke och ländrygg, var nacken efter ländryggen (sammanfattat i tabell 2a). Vid ridning i nedsutten trav snett igenom (TravDiagonal) sågs en fasförskjutning i den vertikala translationens minimumvärde vid både vänster och höger bakbens understödsfas (MinInd1, MinInd2) för båda ryttarna. I diagonalsluta åt vänster (VSluta) sågs en fasförskjutning i min- och maxvärden för vertikal translation vid respektive strax efter höger bakbens belastningsfas (MinInd2, MaxInd2) för båda ryttarna, samt även i vänster bakbens max-värde (MaxInd1) för ryttare 1. I diagonalsluta åt höger (HSluta) var nacken fasförskjuten ländryggen i max-fasen för vänster bakben för båda ryttarna samt för ryttare 1 även i min-fasen för vänster bakben och för ryttare 2 även i min-fasen för höger bakben. I volt till höger (VoltH) och vänster (VoltV) sågs en fasförskjutning enligt samma mönster som det mellan ryttarens bröstrygg och hästens ländrygg. Ingen skillnad i graden av fasförskjutning mellan hästens nacke och ländrygg kunde ses mellan de två olika ryttarna, bortsett från i diagonalsluta till vänster där hästarna visade större fasförskjutning av nacken för ryttare 1 än för ryttare 2, avseende den vertikala translationens maxvärde strax efter vänster bakbens understödsfas (se tabell 2b).

Tabell 2 a. Medelvärde, standardavvikelse (medel \pm SD, angivet i procent av stegtid) och P-värde (P) för fasförskjutningen av hästens (n=10) nacke (POLL) relativt dess ländrygg (L3) i tidpunkten för den vertikala translationens min- och maxvärde vid respektive strax efter vänster bakbens understödsfas (Min- och MaxInd1) och höger bakbens understödsfas (Min- och MaxInd2), för ryttare 1 (R1) och 2 (R2) och övningarna trav snett igenom (TravDiagonal), höger sluta (HSluta), vänster sluta (VSluta), volt till höger (VoltH) och volt till vänster (VoltV). Positiva värden betyder att nackens rörelser är efter ländryggen. P-värden ≤ 0.05 är markerade fetstilta

	MinInd1		MaxInd1		MinInd2		MaxInd2	
	medel \pm SD	P	medel \pm SD	P	medel \pm SD	P	medel \pm SD	P
TravDiagonal R1	2.5 \pm 2.5	0.01	1.0 \pm 2.0	0.16	1.2 \pm 1.6	0.04	1.3 \pm 2.7	0.19
TravDiagonal R2	2.8 \pm 2.7	0.02	2.6 \pm 2.2	0.26	0.9 \pm 2.0	0.03	1.8 \pm 1.9	0.08
Hsluta R1	2.5 \pm 3.0	0.04	2.8 \pm 1.9	0.002	0.9 \pm 2.2	0.25	2.0 \pm 3.2	0.10
Hsluta R2	3.2 \pm 3.6	0.11	2.1 \pm 1.4	0.01	1.9 \pm 1.7	0.01	1.8 \pm 2.7	0.31
Vsluta R1	1.8 \pm 3.7	0.17	3.4 \pm 2.2	0.001	2.8 \pm 1.9	0.003	4.5 \pm 3.0	0.01
Vsluta R2	5.8 \pm 3.5	0.18	1.8 \pm 2.3	0.13	1.3 \pm 2.7	0.02	2.6 \pm 3.5	0.002
VoltH R1	0.9 \pm 3.4	0.44	2.7 \pm 1.8	0.001	2.8 \pm 1.8	0.001	4.5 \pm 2.2	<0.001
VoltH R2	5.1 \pm 4.8	0.29	1.8 \pm 1.7	0.01	2.4 \pm 1.8	0.001	3.5 \pm 3.7	0.002
VoltV R1	3.9 \pm 1.8	<0.001	3.6 \pm 1.8	0.001	0.1 \pm 2.8	0.95	1.6 \pm 2.4	0.08
VoltV R2	1.5 \pm 2.3	0.001	3.7 \pm 3.5	0.004	4.9 \pm 2.8	0.63	0.5 \pm 2.2	0.02

Tabell 2b. Medelvärde, standardavvikelse (medel \pm SD, angivet i procent av stegtid) och P-värde (P) för skillnaden i fasförskjutning av hästens nacke relativt dess ländrygg vid ridning av ryttare 1 jämfört vid ridning av ryttare 2, definierat som differensen i tidsindex för den vertikala translationens min- och maxvärden (MinInd1, MaxInd1, MinInd2, MaxInd2) mellan hästens (n=10) nacke (POLL) och ländrygg (L3) för ryttare 1, subtraherat med differensen i tidsindex för den vertikala translationens min- och maxvärden (MinInd1, MaxInd1, MinInd2, MaxInd2) mellan hästens (n=10) nacke (POLL) och ländrygg (L3) för ryttare 2 (MinInd1Diff, MaxInd1Diff, MinInd2Diff, MaxInd2Diff). Positiv differens betyder att nackens fasförskjutning är större för ryttare 1 än för ryttare 2. P-värden ≤ 0.05 är markerade fetstilta

	MinInd1Diff		MaxInd1Diff		MinInd2Diff		MaxInd2Diff	
	medel \pm SD	P	medel \pm SD	P	medel \pm SD	P	medel \pm SD	P
TravDiagonal	-0.1 \pm 1.5	0.86	0.1 \pm 2.4	0.88	-0.5 \pm 1.6	0.37	0 \pm 1.9	0.94
HSluta	+0.3 \pm 2.6	0.70	+1.1 \pm 2.5	0.48	-0.9 \pm 1.5	0.11	+1.0 \pm 1.4	0.07
VSluta	+0.2 \pm 1.7	0.83	+2.1 \pm 2.1	0.01	0 \pm 2.9	0.88	-1.2 \pm 3.8	0.39
VoltH	-0.9 \pm 2.7	0.36	+0.8 \pm 1.5	0.46	-0.3 \pm 2.3	0.29	-0.8 \pm 2.8	0.44
VoltV	+0.2 \pm 1.0	0.52	-1.2 \pm 2.7	0.22	-0.4 \pm 1.3	0.10	-0.4 \pm 1.6	0.29

DISKUSSION

Liksom tidigare studier visat (Byström *et al.*, 2015, Eckardt & Witte, 2017) är fasförskjutning av ryttarens vertikala rörelser kontra hästens ett förekommande fenomen vid ridning i nedsutten trav rakt fram. I denna studie kunde även fasförskjutning vid ridning i nedsutten trav i böjda övningar, volt och sluta på diagonalen, påvisas där ryttarens rörelser i samtliga signifikanta fall av fasförskjutning var efter hästens. I volt och sluta erhöles även de, för denna studie, högsta värdena för fasförskjutning mellan häst och ryttares rörelser, sett till enskilda faser av steget.

Enligt Lagarde *et al.*, (2005) är fasförskjutningen till hästens rörelser större hos en novis, än hos en erfaren ryttare. Den skillnad mellan ryttarna som kunde påvisas i denna studie, avseende fasförskjutning till hästens rörelser (tabell 1b), skulle därför kunna förklaras av en större skicklighet hos ryttare 1 än hos ryttare 2. Att graden av fasförskjutning för hästens nackrörelser relativt dess ländryggsrörelser inte visade någon skillnad mellan ryttarna, annat än i max-fasen för vänster bakben i vänster sluta (tabell 2b), indikerar att denna fasförskjutning inte påverkas av ryttaren i särskilt stor utsträckning, alternativt att dessa två ryttare var likvärdiga i sin inverkan på hästens nackrörelser. För att avgöra huruvida ryttaren påverkar graden av fasförskjutning mellan hästens nack- och ländryggsrörelser, bör denna fasförskjutning studeras när hästen rör sig fritt, för att sedan jämföras med när hästen rör sig under ryttare.

Då endast erfarna, professionella ryttare deltog i denna studie och fasförskjutning trots detta förekom i samtliga övningar, kan det tänkas att en viss grad av fasförskjutning mellan häst och ryttare är ofrånkomlig. Det kan också tänkas att ridning i fullständig harmoni, med minimal fasförskjutning mellan häst och ryttares rörelser, är möjlig, men att den korta tid som ekipagen fick tillsammans inte var tillräcklig för att uppnå detta.

I denna studie visades att hästens olika kroppssegment kan röra sig med fasförskjutning i relation till varandra vid ridning i trav (tabell 2a), det vill säga att max- och minimumvärden för vertikal translation kan uppnås vid olika tidpunkt för olika kroppsdelar hos hästen. Detta gör att en jämförelse mellan häst och ryttares rörelser skulle kunna framställa ryttarens rörelser

som fasförskjutna relativt hästens, eller i fas, beroende på mot vilken del av hästens kropp som jämförelsen skett. I detta försök placerades mätutrustning på ryttarens bröstrygg och hästens ländrygg, vilka vid ridning är positionerade relativt nära varandra och vars rörelser därför borde inträffa samtidigt. För att ytterligare öka chansen att påvisa samfälliga rörelser mellan häst och ryttare kunde mätutrustningen ha placerats ännu närmare varandra, till exempel på ryttarens korsrygg och i övergången mellan bröst- och ländrygg på hästen.

Strävan efter harmoni mellan häst och ryttare förenar hela rid-världen, men att objektivt uppskatta denna egenskap är inte helt lätt. Att mäta fasförskjutning mellan häst och ryttares rörelser med hjälp av inertial measurement units har i denna, och tidigare studier (Eckardt & Witte, 2017, Münz *et al.*, 2014), visats vara ett sätt att objektivt uppskatta samspelet mellan häst och ryttare. Sensorerna är små och mobila vilket gör att metoden skulle kunna utvecklas att användas i hästens hemmiljö eller på tävling, som ett komplement till ryttarens, tränarens eller domares bedömning av häst-ryttarinteraktion. Dessförinnan fordras dock vidare kartläggning av fasförskjutning i ytterligare övningar och i samtliga gångarter, liksom en utvärdering av dess effekter på till exempel ridningens kvalitet, hästens rörelser och lösgjordhet. Även fasförskjutningens effekt på sadeltryck vore av intresse att undersöka, då det är möjligt att en ryttare som rör sig med stor fasförskjutning relativt hästen, studsar mer i sadeln och därför skapar ett högre och/eller annorlunda fördelat sadeltryck, än en ryttare som rör sig i fas med hästen. Ett högre, eller sämre fördelat, sadeltryck skulle potentiellt kunna generera spänning i hästens ryggmuskulatur, och ha en negativ inverkan på hästens lösgjordhet. Av denna anledning kan förmodas att rörelser i fas med hästen, är en förutsättning för ryttaren att kunna skapa lösgjordhet och frihet från spänning i hästens rygg, vilket i sin tur kan tänkas möjliggöra ett större rörelseomfång av bäckenets rotation i kranio-kaudal riktning och därmed ett större omfång av bakbenets framåtgripande rörelser och ryggens svingande. Den kliniska relevansen och korrektheten för ovanstående teorier återstår att utredas.

Sammanfattningsvis kan sägas att fasförskjutning mellan häst och ryttares rörelser vid ridning, är en aspekt av häst-ryttarinteraktion som objektivt går att uppskatta och där vidare forskning erbjuder stora möjligheter för intressanta upptäckter.

POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING

Inledning

Harmoni mellan häst och ryttare är ett av de största målen inom dressyrridning och för att uppnå detta anses ryttaren behöva en välbalanserad och följsam sits. Syftet med det här arbetet var att undersöka hur väl ryttarens rörelser följer hästens, och om hästens nack- och ländryggsrörelser följer varandra, vid ridning i trav, liksom om denna grad av följsamhet skiljer sig åt beroende på ryttare.

Litteraturöversikt

Hästens stegcykel består av en svävningssfas, då benet är i luften, och en belastningsfas, då benet är i marken. Trav är en tvåtaktig gångart, vilket betyder att vänster framben och höger bakben är i marken samtidigt som höger framben och vänster bakben är i luften, och vice versa. Ett steg betraktas som tiden från att ett ben sätts i marken tills nästa gång samma ben sätts i marken, och under denna tid rör sig häst och ryttare upp och ned två gånger.

En häst som rör sig på ett böjt spår, till exempel en volt (cirkel), tar längre steg med det yttre benparet än med det inre. För att hästen ska kunna röra sig i balans, med fram- och bakhovarna följandes varandras spår, anses att hästen måste böja sin kropp lika mycket som spåret är böjt.

Tidsförskjutning mellan häst och ryttares rörelser kallas för fasförskjutning. Denna kan mätas med mätenheter för tröghetsnavigering (IMU, inertial measurement units), vilket är små sensorer som placeras på olika kroppsdelar hos häst och ryttare och sedan mäter omfånget på, och tiden för, rörelser i olika riktningar. Genom att jämföra tidpunkten för en viss rörelse hos hästen, med tidpunkten för samma rörelse hos ryttaren, kan man avgöra om ryttarens rörelser är tidsförskjutna relativt hästens, det vill säga fasförskjutna. På detta sätt har man i tidigare studier bland annat kunnat påvisa en fasförskjutning av ryttarens bäckenrörelser relativt hästens bål-rörelser, vid ridning i nedsutten trav rakt fram.

Material och Metod

I försöket användes data från ett tidigare utfört experiment, där tio professionella dressyrryttare med IMU på brösttryggen, korsvis ridentio hästar utrustade med IMU på nacke och ländrygg. Alla ryttare red följande övningar i trav: trav snett igenom, höger och vänster sluta, samt volt till höger och vänster. Sluta är en övning där hästen rör sig snett framåt i sidled, med kroppen böjd i rörelseriktningen.

För att undersöka hur väl ryttarnas rörelser följde hästarnas, jämfördes tidpunkten då de vertikala rörelserna i ryttarnas brösttrygg uppnådde sina max- och minimumvärden, med tidpunkten då de vertikala rörelserna i hästarnas ländrygg uppnådde sina. För att undersöka om hästarnas nack- och ländryggsrörelser följde varandra, jämfördes tidpunkten då de vertikala rörelserna i hästarnas nacke uppnådde sina max- och minimumvärden, med tidpunkten då de vertikala rörelserna i hästens ländrygg uppnådde sina. Detta gjordes för alla de övningar som nämndes ovan, men med en begränsning till endast två ryttare och tio hästar. Skillnaderna testades sedan för statistisk signifikans.

Resultat

I samtliga övningar kunde en fasförskjutning av de två ryttarnas rörelser relativt hästens ses, i antingen en eller båda delar av steget. Fasförskjutningen var som mest tydlig i trav snett igenom,

där båda ryttarnas vertikala rörelser uppnådde sina min- och maxvärden senare än hästens, i både belastnings-och svävningfaser för båda bakbenen. De högsta värdena för fasförskjutning mellan häst och ryttare i enskilda delar av steget, uppnåddes dock i volt och sluta. I övningarna vänster sluta, och volt till höger och vänster kunde en skillnad i graden av fasförskjutning mellan de olika ryttarna ses, där ryttare 2 i delar av steget rörde sig med mer fasförskjutning relativt hästen än ryttare 1. Även fasförskjutning mellan hästens nack- och ländryggsrörelser kunde ses i alla övningar, i samtliga fall var nackens rörelser efter ländryggens. Graden av fasförskjutning mellan hästens nack- och ländryggsrörelser varierade ej för de olika ryttarna.

Diskussion

I den här studien kunde en fasförskjutning mellan häst och ryttares rörelser i trav påvisas, både vid ridning på raka spår, med rak eller böjd hästkropp, och vid ridning på böjda spår, med böjd hästkropp.

Att ryttare 1 i vissa övningar rörde sig med mindre fasförskjutning relativt hästen än ryttare 2, skulle kunna bero på en högre grad av skicklighet, då det tidigare har visats att en erfaren ryttare rör sig med mindre grad av fasförskjutning relativt hästen än en mindre erfaren. Att fasförskjutningen mellan hästen nack- och ländryggsrörelser inte visade någon skillnad för de olika ryttarna, skulle kunna bero på att hästens nackrörelser inte påverkas så mycket av ryttarens inverkan, eller att båda ryttarna påverkade hästens nackrörelser lika mycket.

Trots att båda ryttarna i det här försöket var professionella dressyryttare med hög erfarenhetsnivå förekom fasförskjutning mellan häst och ryttares rörelser för båda ryttarna, i samtliga övningar. En anledning till detta skulle kunna vara att häst och ryttare inte fick tillräckligt med tid tillsammans för att hinna bli helt samspelade, eller att en viss grad av fasförskjutning mellan häst och ryttare helt enkelt inte går att komma ifrån.

Att mäta fasförskjutning mellan häst och ryttares rörelser med IMU, är en metod som i framtiden skulle kunna användas av ryttare, tränare eller tävlingsdomare, som ett komplement i deras bedömning av samspelet mellan häst och ryttare. Fasförskjutning behöver dock undersökas vidare, framför allt i ytterligare övningar och gångarter, men även huruvida den till exempel skulle kunna påverka sadeltryck, ridningens kvalitet och hästens rörelser.

REFERENSER

- Buchner, H.H.F., Savelberg, H.H.C.M., Schamhardt, H.C. & Barneveld, A. (1996). Head and trunk movement adaptations in horses with experimentally induced fore- or hindlimb lameness. *Equine Veterinary Journal*, vol. 28, ss. 71–76.
- Byström, A., Rhodin, M., von Peinen, K., Weishaupt, M.A. & Roepstorff, L. (2009). Basic kinematics of the saddle and rider in high-level dressage horses trotting on a treadmill. *Journal of Equine Veterinary Science*, vol 41, ss. 280-284.
- Byström, A., Roepstorff, L., Geiser-von Peinen, K., Weishaupt, M.A. & Rhodin, M. (2015). Differences in rider movement pattern between different degrees of collection at the trot in high-level dressage horses ridden on a treadmill. *Human Movement Science*, Vol. 41, ss. 1-8.
- Clayton, H.M., (2004). *The Dynamic Horse, A Biomechanical Guide to Equine Movement and Performance*. Mason: Sport Horse Publications.
- Eckardt, F., Münz, A. & Witte K. (2014). Application of a full body inertial measurement system in dressage horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, vol. 34, ss. 1294-1299.
- Eckardt, F. & Witte, K. (2017). Horse-rider interaction: a new method based on inertial measurement units. *Journal of Equine Veterinary Science*, vol. 55, ss. 1-8.
- Greve, L. & Dyson, S. (2016). Body lean angle in sound dressage horses in-hand, on the lunge and ridden. *The Veterinary Journal*, vol. 217, ss. 52-57.
- Greve, L., Pfau, T. & Dyson, S. (2017). Thoracolumbar movement in sound horses trotting in straight lines in hand and on the lunge and the relationship with hind limb symmetry or asymmetry. *Veterinary Journal*, vol. 220, ss. 95-104.
- Guérnière, F. R., (1994). *School of Horsemanship*. London: J.A. Allen & Company Limited.
- Hobbs, S., Licka, T. & Polman, R. (2011). The difference in kinematics of horses walking, trotting and cantering on a flat and banked 10 m circle. *Equine Veterinary Journal*, vol. 43, ss. 686-694.
- Keegan, K., G., Yonezawa, Y., Pai, P., F., Wilson, D., A. & Kramer, J. (2004). Evaluation of a sensor-based system of motion analysis for detection and quantification of forelimb and hind limb lameness in horses. *American Journal of Veterinary Research*, vol. 65, ss. 665-670.
- Kienapfel, K., Preuschoft, H., Wulf, A. & Wagner, H. (2018). The biomechanical construction of the horse's body and activity patterns of three important muscles of the trunk in the walk, trot and canter. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, vol. 102, ss. E818-E827.
- Lagarde, J., Kelso, J. A., Peham, C., & Licka, T. (2005). Coordination dynamics of the horse–rider system. *Journal of Motor Behaviour*, vol. 37 (nr 6), ss. 418–424.
- Münz, A., Eckardt, F. & Witte, K. (2014). Horse-rider interaction in dressage riding. *Human Movement Science*, vol. 33, ss. 227-237.
- Münz, A., Eckardt, F., Heipertz-Hengst, C., Peham, C. & Witte, K. (2013). A preliminary study of an inertial sensor-based method for the assessment of human pelvis kinematics in dressage riding. *Journal of Equine Veterinary Science*, vol. 33, ss. 950-955.
- Ritter, T. (2010). *Dressage Principles Based on Biomechanics*. Schwarzenbek: Cadmos Verlag GmbH.
- Robartes, H., Fairhurst, H. & Pfau, T. (2013). Head and pelvic movement symmetry in horses during circular motion and in rising trot. *Veterinary Journal*, vol. 198, ss. E52-E58.
- Svenska ridsportförbundet (2017). *Tävlingsreglemente II Dressyr*. Tillgänglig: http://www.ridsport.se/ImageVaultFiles/id_40821/cf_559/TR_II_Dressyr_3.PDF [2018-11-01].