



**Institutionen för anatomi, fysiologi och  
biokemi  
Enheten för hippologutbildning**

# Ryttarens rotation av bäcken och överliv vid ridning i trav

Annika Höjer

Examensarbete, agronomprogrammet

Handledare: Lars Roepstorff, Enheten för hippologutbildning

Anna Byström, Enheten för hippologutbildning



## Abstract

The aim of this study was to determine the basic movements of the riders' pelvis and upper body when riding in trot seated. The study was performed at a treadmill with seven high level dressage horses and their riders. The movements of the horse and rider were captured with a motion analysis system (ProReflex®) and also recorded on video. The horses were ridden in collected trot, 3.0 m/s. An experienced dressage teacher evaluated the video recording of the horses and riders. The rotation of the saddles and riders are measured in three directions: rotation around the x-axis, (roll), rotation around the y-axis (pitch) and rotation around the z-axis (yaw).

The pelvis of the rider is lowered on the left side during the stance phase of the left diagonal and on the right side on the stance phase of the right diagonal. The rotation of the upper body was asymmetric in the stance phase of the left diagonal for three of the riders. The saddles pitching movement is in accordance with the trunk of the horse. When the withers of the horse are at the lowest position, the saddle is most rotated forward. When the withers are at the highest position at midstance, the saddle is rotated backwards at the most. The pelvis of the rider is rotated backward at the beginning of the stance phase. It rotates forward until the second half of the stance phase and then backwards until the beginning of stance phase of the next diagonal. The upper body of the rider rotates backward during the first half of the stance phase and forward during the second phase and the swing phase. The rider and the saddle rotate to the left during the stance phase of the left diagonal and to the right during the stance phase of the right. The average score for the seat of the riders were 6 when they were evaluated by a dressage teacher. The asymmetries that were seen in the measurements could not be detected on video.

The results indicate that the pitching of the rider is a passive movement with purpose to reduce the impact when the horse lands on the ground. Correlations were seen between the roll and yaw of the pelvis, when the pelvis was lowered on one side it was also drawn back on the same side. The evaluation of the video shows the importance of combining modern techniques with the skills of people with long experience of evaluation of riders and horses to get the best results of research.

Keywords: horse-back rider, trot, saddle, horse-rider interaction

## Sammanfattning

Syftet med denna studie var att undersöka vilka grundläggande rörelser ryttarens bäcken och överliv gör vid ridning i trav vid nedsittning. Försöket utfördes på rullmatta med sju välutbildade dressyrhästar med respektive ryttare. Hästarnas och ryttarnas rörelser registrerades med ett rörelseanalyssystem (ProReflex®) och ekipagen videofilmades även. Hästarna reds i samlad trav, 3,0 m/s. En erfaren dressyrlärare utvärderade videoinspelningen av ekipagen. Rotationen av ryttarnas bäcken och överliv samt sadeln beräknades och vissa jämförelser med hästens rörelser gjordes. Rotationen mättes i tre riktningar: rotation runt x-axeln (roll), rotation runt y-axeln (pitch) och rotation runt z-axeln (yaw).

Ryttarens bäcken sänks på vänster sida under vänster diagonals understöd och på höger sida under höger diagonal. Sadeln roterar runt y-axeln i takt med hästens bål. Då hästens manke är som lägst, i samband med starten av understödet för respektive diagonal, är sadeln som mest roterad framåt. Då hästens manke är som högst, under mitten av understödsfasen, är sadeln som mest roterad bakåt. Färförskjutningar och asymmetrier i hästens rörelser ses även i sadelns rotation. Ryttarens bäcken är som mest roterat bakåt i pitch 5-10 % in i steget. Det roterar sedan framåt till andra halvan av understödet för att sedan rotera bakåt till början av nästa diagonals understöd. Överlivet roterar bakåt under den första halvan av understödet och roterar framåt under den andra halvan och under svävmomentet. Ryttaren och sadeln roterar till vänster i yaw under vänster diagonals understöd och roterar till höger under höger diagonal. Ryttarna fick medelbetyget 6 för sitsen när videoinspelningen utvärderades. De asymmetrier som sågs i mätningarna kunde inte uppfattas på video.

Ryttarens pitch verkade vara en passiv rörelse med syfte att dämpa stöten då hästen landar. Det sågs samband mellan bäckenets roll och yaw, då ena höften sänks vrids den även bakåt. Genom att kombinera tekniska hjälpmedel med personer med lång praktisk erfarenhet av att granska ekipage nås den bästa utvärderingen av ryttare och häst.

Sökord: ryttare, trav, sits, sadel, interaktion häst-ryttare

# Innehållsförteckning

## Inledning, 1

### Litteraturstudie, 2

Rörelsestudier, 2

Människans anatomi, 3

Ryttarens sits, 4

*Utvecklingen till dagens sits, 4*

*Den lodräta sitsen, 5*

*Ryttarens hjälper, 5*

Tidigare studier, 6

*Hästens gångarter, 6*

*Påverkan på hästens rörelser, 6*

*Sadeln, 7*

*Ryttaren, 7*

### Material och metod, 8

*Hästar, 8*

*Ryttare, 8*

Studiens genomförande, 8

Kinematiska mätningar, 9

Databearbetning, 9

Rotation av kropparna, 9

Övriga mätningar, 12

Statistik, 12

Utvärdering av rittarna, 12

### Resultat, 13

Rotation runt x-axeln, roll, 13

Rotation runt y-axeln, pitch, 14

Rotation runt z-axeln, yaw, 16

Utvärdering av modellen, 19

Utvärdering av rittarna, 19

### Diskussion, 21

Sadelns rotation, 21

Ryttarens rotation, 22

Utvärdering med ridlärare, 24

Ridlärer, 24

Referensmätning, 25

Felkällor, 25

Framtida studier, 26

### Slutsatser, 27

### Litteraturförteckning, 28



# Inledning

Hästar började tämjas för ca 5000 år sedan i södra Ryssland. De användes först till att dra tunga vagnar men sedan utvecklades även användandet av dem som riddjur. Det var främst i krigföring som hästarna fick betydelse (van Weeren, 2001). Trots att människan har använt hästar som riddjur under så lång tid är studierna av ryttarens sits i vetenskaplig mening få. Anledningen till detta kan vara flera, dels har den praktiska erfarenheten av vad som är bra och dålig ridning varit tillräcklig och dels har inte tekniken funnits. Flera studier har gjorts som visar hur hästen påverkas av ryttare och utrustning (Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan et al., 1995; Bowers & Slocombe, 1999; de Cocq et al., 2004) och hur sadeln betar sig på hästens rygg (Galloux et al., 1994; Fruehwirth et al., 2004). Studier har även undersökt den fysiska ansträngningen det innebär att rida (Devienne & Guezennec, 2000) och ryttarens sits (Schils et al., 1993).

Ridsporten är till viss del en bedömningssport där resultaten baseras på en subjektiv bedömning av prestationen. Denna bedömning kan vara svår att överföra till mätningar och konkreta variabler. Det har länge ansetts att den lodräta sitsen placerar ryttaren bäst i sadeln (Branderup, 2000) och att ryttaren genom att följa med och slappna av i kroppen blir mest harmonisk med hästens rörelser (Swift, 1995, 2003). Genom att sitta i en lodrät sits antas ryttaren på ett bra sätt kunna följa med i hästens rörelser och inverka korrekt på hästen (Kyrklund & Lemkow, 1996). Många frågeställningar kvarstår dock. Vilka rörelser är det egentligen som påverkar ryttaren? Hur rör sig ryttarens bäcken, överliv, skänklar? Hur skiljer sig olika ryttares rörelser åt?

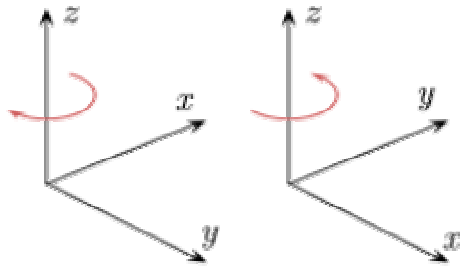
Syftet med det här examensarbetet är att undersöka ryttarens grundläggande rörelser i bäcken och överliv i trav under nedsittning. En första del av arbetet består av en litteraturstudie som omfattar relevanta tidigare vetenskapliga studier så väl som en genomgång av vad som finns skrivet i den populärvetenskapliga litteraturen om ryttarens sits. En andra del av arbetet beskriver det praktiska försöket.

# Litteraturstudie

## Rörelsestudier

Hästen har länge fascinerat människan och från så tidigt som antiken finns kommentarer från studier av hästens gångarter bevarade (van Weeren, 2001). Veterinärmedicin hade efter romarrikets fall en lång period av stiltje innan intresset väcktes igen under renässansen. Utvecklingen av naturvetenskap och därmed även veterinärmedicin gjorde att studier började genomföras med ett tankesätt som liknar det som används idag: med observationer, formulering av en hypotes och sedan experiment som bekräftar eller förkastar hypotesen.

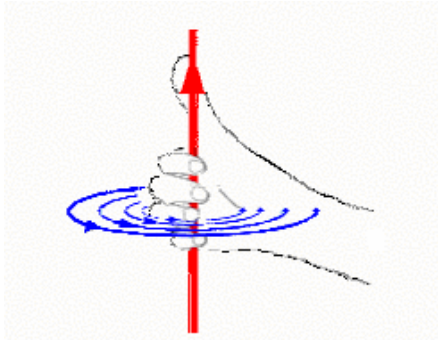
För att studera kinematik (beskrivning av rörelser) kan olika metoder användas som vanligen baseras på en visuell utvärdering (Clayton & Schamhardt, 2001). Metoderna innefattar ofta någon form av videoupptagning och användning av hudmarkörer för att märka ut olika anatomiska strukturer. Markörernas rörelse uppmäts och används för att beskriva det underliggande skelettets rörelser. Problemet med markörer är att på vissa delar av hästens kropp är hudrörelserna betydande i förhållande till skelettdelar man vill mäta. Detta gör att data måste korrigeras för hudrörelserna om man vill bestämma skelettets exakta position. Hudrörelserna är mindre på de nedre delarna av hästens ben. När man ska mäta rörelser kan man använda sig av ett koordinatsystem med två eller tre dimensioner för att beskriva rörelsen. Två-dimensionella analyser är lättare att genomföra, men det finns risk att rörelser som sker utanför det plan som mäts missas. Tredimensionella analyser är mer komplexa att genomföra och kräver noggrann kalibrering av rörelsesystemet. Inom studier av biomekanik används ofta ett koordinatsystem som kallas ett Kartesiskt högersystem (figur 1). I detta system finns tre stycken axlar, x-, y- och z-axeln. I vissa studier är det mätobjektets rotation som ska mätas och då används särskilda begrepp för att beskriva vilken rotation som avses. Rotation runt x-axeln betecknas ofta roll, rotation runt y-axeln pitch och rotation runt z-axeln yaw. (Clayton & Schamhardt, 2001)



Figur 1. Till vänster ses ett kartesiskt vänstersystem och till höger ett högersystem. Notera skillnaden på axlarna och riktningen på rotationen.

Då rotationer mäts i systemet behöver man kunna ange riktningen på rotationen. Positiv rotation definieras som medsols rotation i axelns riktning. För att på ett enkelt sätt kunna ta fram den kan man använda den så kallade högerhandsregeln: om tummen på höger hand placeras i positiv riktning längs axeln fås positiv rotation i samma riktning som fingrarna (figur 2).



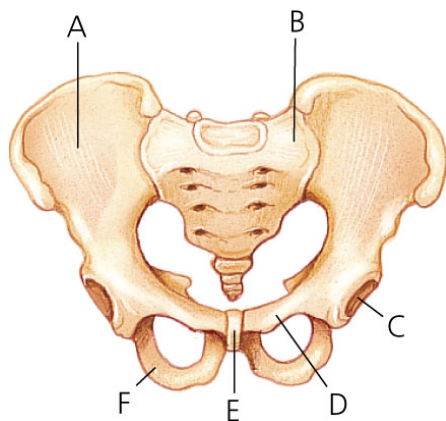


Figur 2. Högerhandsregeln används för att ta reda på riktningen på positiv rotation i ett tredimensionellt högerkoordinatsystem.

## Människans anatomi

De mest väsentliga delarna för en ryttares sits är bäckenet, överlivet och övre delen av benen. Ryttarens överliv utgörs av ryggraden, bröstkorgen och den så kallade skuldergördeln vilken består av skulderbladen och nyckelbenen. Bröstkorgen är formad av tolv par revben vilka är fästade i bröstkotorna på baksidan och i bröstbenet på framsidan av kroppen. Fästena är i form av broskfogar vilka gör att revbenen har en viss rörlighet, vilket används till exempel då man andas. Skuldergördeln består av skulderbladen på baksidan av kroppen och nyckelbenen på framsidan. Skulderbladen sitter fast i skelettet via nyckelbenen, där dessa möter bröstbenet. Detta gör att skulderbladen på ryggsidan bara hålls på plats av muskulatur och därmed finns det ett stort potentiellt rörelseomfång i denna del av kroppen. (Swift, 2003)

Bäckenet består av tre ben, korsbenet och de båda höftbenen (figur 3) (<http://www.sjukvardsradgivningen.se/artikel.asp?CategoryID=17671>, 2007-05-22). Korsbenet består av de fem nedersta ryggkotorna som är sammanslutna till ett ben. Höftbenen utgörs av tre ben vardera, tarmben, blygdben och sittben. Dessa ben formar en ring som skyddar bland annat urinblåsan och delar av tarmen. Tarmbenen utgör sidorna av bäckenet och möter varandra på framsidan där de via en broskfog (symfysen) mellan blygdbenen sammanfogas. På var sin sida om bäckenet finns höftledens ledskålar. I dessa ledskålar sitter lårbenshuvudet och det är i denna punkt som benen bär upp överkroppen. Lårbenet går ifrån höftleden rakt ut ca fem till sju cm innan det böjer av ner mot knäet. Detta ger en extra möjlighet att öppna upp i bäckenet och att därmed sitta korrekt i sadeln (Swift, 2003).



Figur 3. Bäcken från en man sett framifrån. A: tarmben (ilium), B: korsben (sacrum), C: höftbenets ledskål, D: blygdben (os pubis), E: broskfog mellan blygdbenen (symfysen), F: sittben (<http://www.bartleby.com/61/88/P0158800.html>, 2007-05-29)

Musklerna i bäckenregionen länkar samman överkroppen och benen. Muskler som utgår från ländryggen och insidan av tarmbenet och som fäster i lårbenet böjer höftleden och roterar den inåt eller utåt. Dessa muskler kan vara förkortade om man har ett stillasittande arbete och kan behövas förlängas genom stretching för att en korrekt placering i sadeln ska kunna uppnås. Dessa muskler har även kontakt med diafragmans fot och därmed kan ländmuskulaturen aktiveras genom aktiv andning med hjälp av diafragman och därmed vara till hjälp för sitsen, balansen och hållningen. (Swift, 2003)

Bäckenregionen fungerar på grund av sin utformning stötdämpande. Tyngden från bålen längsmed ryggkotorna är placerad längre bak än den uppåtriktade kraften och stödet från benen. Detta gör att bäckenet kan dämpa stötar från överlivet och benen. Dessutom är ryggraden krökt så att ländryggens kotor kröker sig svagt framåt, kotorna i bröstregionen svagt bakåt och kotorna i halsregionen svagt framåt. Detta ger ryggraden en svagt S-formad kontur vilket ger en ökad stötdämpande förmåga. För att bäckenet och ryggraden ska bibehålla sin stötdämpande funktion är det viktigt att de är korrekt placerade. Både genom att tippa fram bäckenet och svanka och genom att tippa bak bäckenet så att ländryggen rätas ut minskas den stötdämpande förmågan. Detta kan leda till smärta hos ryttaren och obehag för hästen. (Swift, 2003)

Det är viktigt för ryttaren att vara vältränad och ha en god kroppsuppfattning. För att sitta korrekt krävs att ryggmusklerna, skuldrorna, bröstmusklerna, benen och magmusklerna är välbalanserade och avslappnade. Om musklerna på framsidan av ryttarens kropp är starkare än musklerna på baksidan kommer ryttaren ha svårt att åstadkomma en upprätt sits då magmusklerna kommer att dra ihop framsidan av kroppen. För att ryttarens skänklar (ben) ska kunna arbeta korrekt krävs att båda benen är lika starka och välmusklade på både in- och utsidan av benet. (Meyners, 1992)

## **Ryttarens sits**

### *Utvecklingen till dagens sits*

Den första ridläran som finns nedtecknad är skriven av en grekisk militär vid namn Xenofon, född ca 430 f Kr. Han skrev flera böcker om hur hästar skall tränas och om ridlära och flera av hans metoder används än idag. Xenofon ansåg att ryttaren inte skulle sitta på hästryggen som på en stol utan att ryttaren skulle vara lika välbalanserad som om han stod på marken med benen isär. Xenofon skriver vidare att ryttaren skall vara avslappnad i smalbenen och följsam i överkroppen (Palm, 1980). Från denna tid och fram till renässansen (1400-1500-talet) fortsatte ryttarens sits att främst påverkas av stridskonsten (Branderup, 2000). Sadlarna hade höga fram- och bakvalv och ryttaren satt inkilad mellan dessa med sträcka, stela ben och mycket stöd i stigbygeln. Under barocken (1600-talet till början av 1700-talet) minskade krigföringen till häst och ridningen utvecklades mer till en fritidssysselsättning och en konstform. Även ryttarens sits påverkades av detta och blev mer avspänd. Ryttaren vilade i sadeln med jämn vikt på båda sittbenen och skänkeln hängde avslappnad längs hästens sidor. Foten vilade lätt i stigbygeln och hälen trampades inte ner. På 1800-talet och början av 1900-talet påverkades ridsporten återigen av det militära. Nu var det de nya hästågarna, industrimän och rika borgare, som influerades av yrkesofficerarna. Längden på stigbygeln kortades och skänkelläget kom närmare hästens kropp. Sitsen började likna den som premieras idag.

### *Den lodräta sitsen*

Den lodräta sitsen innebär att man ska kunna dra en lodrät linje mellan ryttarens axel, höft och häl (Ankarcrona, 1993; Swift, 1995; Kyrklund & Lemkow, 1996; Tibblin, 1999). En lodrät linje ska även kunna dras från knä till tå och det ska vara en rak linje från ryttarens armbåge, via handleden genom tyglarna till hästens mun (Ankarcrona, 1993; Kyrklund & Lemkow, 1996; Tibblin, 1999). Den lodräta sitsen utgår från bäckenet som ska vara placerat i sadelns djupaste del och tyngden ska fördelas mellan de båda sittbenen och blygdbenen. Det är viktigt att båda sittbenen belastas lika mycket så att ryttaren sitter mitt i sadeln och inte lutar åt någon sida. Ryttarens rygg ska vara rak, men utan spänningar och utan att kuta eller svanka, axlarna ska vara i jämnhöjd och skulderbladen ska föras ihop i ryggen (axlarna dras lätt tillbaka så att bröstet öppnas) (Tibblin, 1999). Överarmarna ska hållas avslappnade längsmed kroppen med armbågarna nära höften men utan att klämma åt. Händerna ska vara riktade med tummarna uppåt och med en rak linje från underarmens utsida via handled till knogarna (Kyrklund & Lemkow, 1996). Underskänkeln ska hänga avslappnad längsmed hästens sida utan att knipa. Låren ska vridas om i höftleden så att insidan ligger mot sadeln och så att knä och tå blir lätt utåtvridna, i samma position som vid stående (Ankarcrona, 1993; Tibblin, 1999). Stigbygeln ska vila på den främre delen av fotsulan och hälen ska vara den lägsta punkten (Ankarcrona, 1993; Swift, 1995; Kyrklund & Lemkow, 1996; Tibblin, 1999).

I det internationella regelverket för dressyr ridning anges kriterierna för en bra sits

(<http://www.fei.org/Disciplines/Dressage/Documents/DressageRules2006.pdf>, 2007-04-17). Ryttaren ska vara välbalanserad och smidig, sitta djupt i mitten av sadeln och följa med i hästens rörelser med avslappnade höfter och stadiga ben som strävar nedåt med hälen som lägsta punkt. Överlivet ska vara rest men inte spänt och händerna ska bäras lågt och stadigt med tummarna som högsta punkt. Händerna ska vara oberoende av den övriga kroppen och armbågarna ska hållas tätt intill kroppen.

Det mesta som står skrivet om ryttarens sits utgår från ett stillastående ekipage. När sedan ekipaget ska sättas i rörelse blir beskrivningen av sitsen mer otydlig. Enligt Ankarcrona (1993) ska ryttaren i skritt och trav vara avslappnad i korsryggen och inte spänna rygg- eller magmuskler. Ryttaren ska sitta så djupt som möjligt i sadeln och vara mjukt fjädrande i kroppen. Swift (2003) beskriver flera övningar där ryttaren kan träna på att bli mer medveten om sin egen kropp och hästens rörelser. I skritt och trav ska ryttaren till exempel låta bäckenet göra en cirkelrörelse bakåt med en höft i taget ("cykla baklänges").

### *Ryttarens hjälper*

De olika hjälpmedel som ryttaren använder sig av för att kommunicera med hästen kallas hjälper. Hjälperna kan delas in tre grupper, vikthjälper, skänkelhjälper och tygelhjälper. Dessa hjälper kan förstärkas med sporrar, spö och röst. Vikthjälperna kan delas in i passiva och aktiva hjälper. De passiva vikthjälperna är när ryttaren följer hästens förändring av sin tyngdpunkt då hästen till exempel vänder. De aktiva vikthjälperna är när ryttaren förflyttar sin tyngdpunkt och därmed får hästen att följa med. För att exempelvis flytta hästen till vänster sänker ryttaren vänster knä och förlägger med vikt på vänster sittben och i vänster stigbygeln utan att vika sig i sidan och luta överlivet. För att ryttaren ska kunna använda sina vikthjälper är det väldigt viktigt att ryttaren har en god



arbete och återhämtning och ökar den maximala pulsen och återhämtningspulsen (Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan et al., 1995). I detta försök sågs inga skillnader i ansträngning för hästen om den belastades med en ryttare eller med en blyvikt av motsvarande tyngd. Ryttare eller dödvikt påverkar också rörelsemönstret genom att förlänga understödstiden, öka maximala vinkeln i kotleden i understödsfasen och öka totala rörelsen i kotleden.

### *Sadeln*

Då ryttaren sitter i sadeln på hästens rygg belastas den (Fruehwirth et al., 2004). Med hjälp av en tryckmätningssatta mättes trycket under sadeln vid ridning i skritt trav och höger galopp hos tolv hästar. Mätningar gjordes även utan ryttare i sadeln. Vid ridning i skritt är trycket som ryttaren utövar på hästen motsvarande ryttarens vikt. I trav blir trycket dubbla kroppsvikten och i galopp är trycket 2,5 gånger kroppsvikten. Trycket varierade i takt med hästens steg. I denna studie var trycket som störst i slutet av understödsfasen för respektive diagonals steg i trav.

Genom att fästa en accelerometer på hästens sadel har sadelrörelserna studerats (Galloux et al., 1994). I alla gångarter var rotationen kring y-axeln, pitch, störst. Storleken på rotationen i pitch påverkades av bogens utseende och av hur hårt sadeln spändes. I detta försök var accelerometern fastsatt i den främre delen av sadeln och detta kan påverka mätningarna så att det är rotationerna i den främre delen av hästens bål som påverkar mest. Det var dessutom inga ryttare i sadlarna som kunde stabilisera sadelns rörelse.

### *Ryttaren*

För att rida bra och därmed få bra tävlingsresultat krävs bra kondition (Devienne & Guezennec, 2000). Dressyrridning och hoppning ger ökad hjärtrytm och ökad syreförbrukning. Vid dressyrridning är det främst hästens egenskaper som avgör energiåtgången hos ryttaren. För att förbättra syreupptaget krävs ridning av många hästar per dag då det främst är ridning i galopp som ger tillräcklig träning. Professionella ryttare har bättre syreupptagningsförmåga och bättre muskelstyrka än ryttare som rider mer sällan och ridning är bra för att öka energiåtgången och reducera mängden kroppsfett.

I en studie av ryttarens sits undersöktes hur vinklar mellan ryttarens kroppsdelar varierade mellan ryttare av olika erfarenhet (Schils et al., 1993). Studien genomfördes i ett ridhus med markörer fastsatta på ryttarna vilka alla red samma häst. Hästen reds i skritt och trav under nedsittning och lättidning och försöket videofilmades. Studien visade det fanns tydliga skillnader mellan ryttarna. Skillnader sågs främst i höftvinkeln (vinkeln mellan ryttarens knä, höft och axel) där de mer erfarna ryttarna hade en större vinkel än de mindre erfarna. De erfarna ryttarna hade bålarna i mer vertikal position och benen mer tillbakadragna och bål vinkeln blev gradvis större med ökad erfarenhet.

## Material och metod

Detta försök är en del av en större studie som genomfördes på Equine Hospital, University of Zurich, Schweiz. Syftet mer den större studien var att undersöka hur främst olika huvud- och halspositioner hos hästen påverkar hästens belastning, rörelser, kraftutveckling och interaktionen mellan häst och ryttare. För att studera detta användes fem olika tekniker: rullmatta med kraftmätning, tryckvojlock, rörelseanalyssystem, kraftmätning i tyglarna och digitala videokameror. Försöket utfördes på en rullmatta i skritt, trav, piaff och passage, med och utan ryttare, i olika hastigheter, med hästen i olika huvud- och halspositioner och vid lätttridning på höger och vänster diagonal i trav. I detta arbete kommer utvalda data från dessa mätningar att analyseras.

### *Hästar*

I studien användes sju dressyrhästar, sex av hästarna var utbildade och tävlades på Grand Prix nivå och en på Intermediare nivå. Alla hästarna var i regelbunden träning vid tiden för studien. Sex stycken av hästarna var valacker och en var hingst. Åldern var  $14,0 \pm 4,3$  år, mankhöjden  $1,70 \pm 0,07$  meter och kroppsvikten  $609 \pm 62,3$  kg. Hästarna reds av sina ordinarie ryttare och hade välsittande sadlar och tränas med tvådelat normaltjockt tränsbett. Hästarna undersöktes innan studiens början av veterinär för att kontrollera att de var helt friska och utan hältor, smärta eller andra funktionsstörningar.

### *Ryttare*

Ryttarna, fyra män och tre kvinnor, var rutinerade och hade utbildat sina hästar till och tävlade på ovan nämnda nivå. De vägde i medel 77,6 kg (46,2-94,0 kg).

## Studiens genomförande

Studien genomfördes med ett rörelseanalyssystem (ProReflex®, Qualisys AB, Göteborg). Innan försöket inleddes tränades hästarna på rullmattan, både med och utan ryttare, enligt Buchner et al. (1994). Hästarna reds i samlad trav (Clayton, 1994) med huvud och hals enligt FEIs anvisningar för dressyr (<http://www.fei.org/Disciplines/Dressage/Documents/DressageRules2006.pdf>, 2007-04-17). Enligt reglerna ska hästarna gå med halsen krökt och rest, med nacken som den högsta punkten. Hästen ska acceptera bettet och ha en mjuk lätt kontakt med detta. Huvudet ska hållas stadigt med nosryggen strax framför lodrät position. Inget motstånd ska finnas hos hästen. En internationell dressyrdomare kontrollerade att hästarna gick i den anvisade formen.

Efter 15 minuters uppvärmning i skritt och trav startade mätningarna. Mätningarna började när hästen gick avslappnat och i korrekt form. Data samlades in under 10-15 sekunder, vilket gav 15-20 steg per mätning. Ekipagen filmades framifrån, från vänster sida och bakifrån. Stegparametrar beräknades med hjälp av kinetisk data från en kraftmätningssfunktion i rullmattan och dessa mätningar synkroniserades med kinematisk data. Starten av stegsekvensen definierades som då vänster framben fick kontakt med rullmattan.

## Kinematiska mätningar

85 stycken sfäriska markörer (diameter 19mm) som reflekterar infrarött ljus limmades eller tejpades fast på häst, sadel, vojlock och ryttare. Tolv ProReflex® kameror var utplacerade runt rullmattan i syfte att alla markörer alltid registrerades av minst två kameror samtidigt. Kamerorna sänder ut infrarött ljus och detekterar sedan ljuset som reflekteras av markörerna. På grund av tekniska problem samlades data i 240 Hz för tre hästar och 140 Hz för fyra hästar.



Figur 5. Bild som visar häst och ryttare på rullmattan under försöket.

Markörerna mättes i ett koordinatsystem där x-axeln var riktad i hästens rörelseriktning med positiv riktning till vänster i figur 5. Y-axeln var riktad i samma plan som rullmattan men vinkelrät till x-axeln och positiv riktning är ut ur figur 5. Z-axeln var lodrät med positiv riktning uppåt i figur 5.

## Databearbetning

Rekonstruktion av den tredimensionella rörelsen av varje markör baserades på en direkt linjär algoritm (QTrack™, Qualisys AB, Göteborg). Rotationen av ryttaren och sadeln beräknades med MatLab®.

## Rotation av kropparna

En stelkroppmodell är en matematisk optimering som används för att beskriva en kropps rörelse. Stelkroppen antas, som namnet anger, vara helt stel. Detta innebär att den roterar som en enhet och att den inte kan deformeras, därmed är avståndet mellan två punkter inom kroppen alltid detsamma. Rotationen av kroppen beskrivs med ekvationer som optimeras för att beskriva rotationen korrekt. I detta försök definierades ryttarens bäcken som en stelkropp och överlivet som en annan. Även sadelns rotation beskrevs som en stel kropp.

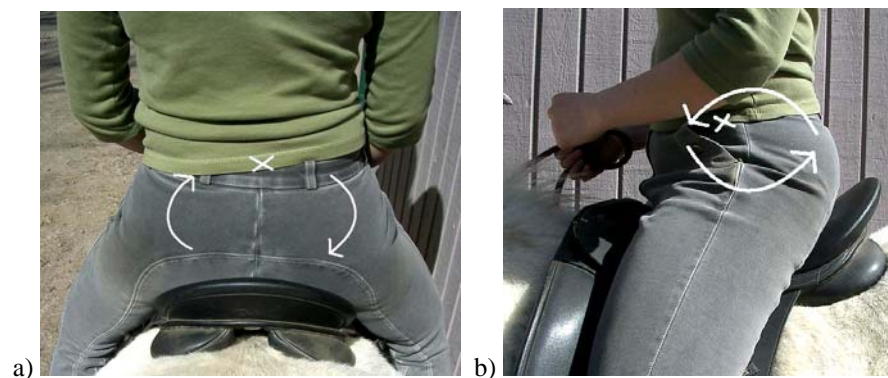
Rotationen av kropparna mättes i tre riktningar: rotation runt x-axeln (roll), rotation runt y-axeln (pitch) och rotation runt z-axeln (yaw). Positiv rotation definieras som medsols rotation i axelns riktning.

Sadeln hade två markörer på främre delen av sadeln och två på den bakre delen (figur 6).



Figur 6. Sadelns rotation: a) sadeln bakifrån, roll, b) sadeln från sidan, pitch, och c) sadeln uppifrån, yaw. Pilarna visar i vilken riktning som positiv rotation sker. Kryssen visar var markörerna var placerade.

Bäckenet bestod av tre markörer: korsbenet och det främre utskottet på höger och vänster tarmben (figur 7).







Figur 7. Bäckens rotation: a) bäckenet bakifrån, roll, b) bäckenet från sidan, pitch, och c) bäckenet bakifrån, yaw. Pilarna visar riktningen på vridningen vid positiv rotation. Kryssen visar placeringen av markörerna.

Ryttarens överliv bestod av fyra markörer: nacken, höger och vänster axel och korsbenet (figur 8).



Figur 8. Överlivets rotation: a) överlivet bakifrån, roll, b) överlivet från sidan, pitch och c) överlivet bakifrån, yaw. Pilarna visar riktningen för positiv rotation och kryssen visar var markörerna var placerade.

Rotationen av en kropp måste alltid mätas relativt något, nollläget för kroppen måste definieras. I detta försök användes data från en referensmätning där ekipaget var stillastående på rullmattan. Målet för ekipagets placering i denna

mätning var att det skulle stå helt rakt, i neutral position. Sadelns och ryttarens rotationer beräknades sedan i förhållande till deras läge i den stillastående mätningen. För ryttarens överliv beräknades rotationen i förhållande till bäckenet, det vill säga förändringen av överlivets läge relativt bäckenet jämfört med deras förhållande i stillastående. För ryttarens rotationer gjordes även kurvor med avdrag för sadelns rotation. Detta gjorde det möjligt att se hur ryttaren roterar i förhållande till sadeln.

## **Övriga mätningar**

För att kunna jämföra sadelns och ryttarens rotationer med hästens rörelser beräknades hästens bålvinkel och dess avvikelser i rörelseriktningen. Hästens bålvinkel mättes som vinkeln mellan horisontalplanet (planet bildat av x- och y-axeln), den sjätte bröstkotan (T6) och den femte ländkotan (L5). Riktningen på rörelsen är samma som pitch för sadel och ryttare, det vill säga maximalt positivt värde motsvarar då bålen är som mest roterad framåt och manken är därmed som lägst. Det mest negativa värdet motsvarar då bålen är roterad bakåt och manken är som högst. Hästens rörelser på rullmattan mättes som vinkeln mellan markörerna på T6 och L5 och sagittalplanet (planet bildat av x- och z-axeln), vilket gav hästens vridning motsvarande yaw för sadel och ryttare.

## **Statistik**

För varje ekipage gjordes ett medelvärde av de uppmätta stegen för varje rotation och det beräknades en standardavvikelse. Medelvärde och standardavvikelse för gruppen av ekipage beräknades också för varje rotation utifrån medelkurvorna för respektive ekipage.

## **Utvärdering av ryttarna**

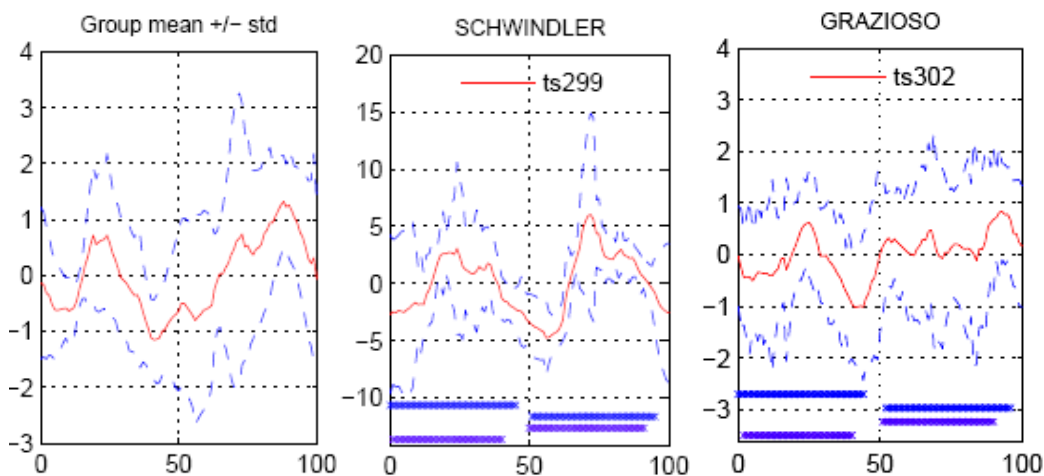
För att få en subjektiv utvärdering av ryttarna fick huvudläraren i dressyr på Strömsholm studera en video av ekipagen. Ryttarna var filmade från sidan. Dressyrläraren fick utvärdera ryttarnas sits och inverkningsar. Ryttarna rangordnades från den mest aktiva ryttaren med bäst sits till den minst aktiva med sämst sits. Specifika frågor med utgång från resultaten ställdes också.

## Resultat

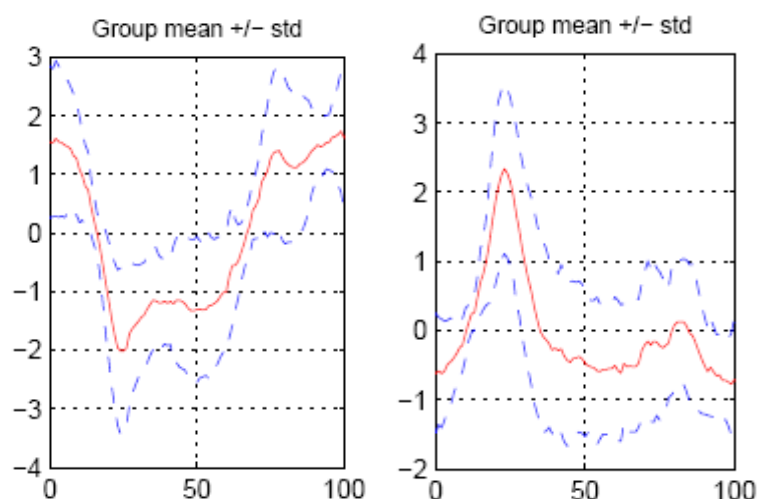
Vid genomgång av mätningen av ekipagen stillastående upptäcktes att flera av ekipagen avvek något från en helt rak position och det saknades även uppgifter om placeringen av några markörer för vissa ekipage. Det medför att de absoluta värdena för rotationerna inte kan tolkas med säkerhet. Av denna anledning och för att öka jämförbarheten mellan ekipagen är medelvärdet av rotationerna avdragna i kurvorna. Hastigheten var i medel 3,0 m/s (2,93-3,06 m/s) vilket motsvarar samlad trav (Clayton, 1994).

### Rotation runt x-axeln, roll

Sadelns rörelseomfång är litet, 1-5 grader, för alla ekipage utom ett där sadeln roterar ca 10 grader mellan maximala och minimala värdet (figur 9). Rotationen är utan något tydligt mönster och med stor standardavvikelse. Ryttarens bäcken roterar i negativ riktning under vänster diagonals understöd, vilket innebär att vänster höft sänks relativ den högra (figur 10). Under höger diagonals understöd sänks höger höft. Mönstret är likartat både före och efter avdrag av sadelns rotation i roll. Överlivets rotation är asymmetrisk hos tre av ryttarna med en snabb rotation av överlivet i vänster diagonals understöd som inte ses under höger diagonals understöd. De övriga fyra har en mer symmetrisk rotation. Rörelseomfånget hos de olika ryttarna är för bäckenet 4-6 grader och för överlivet i relation till bäckenet 2-6 grader. Standardavvikelsen för sadeln och ryttaren är lägre för de enskilda ekipagen än för gruppen.



Figur 9. Roll av sadeln. Till vänster medelvärde för alla sadlar. I mitten roll av en sadel som rör sig mycket (ca 10 grader) och till höger en sadel som rör sig lite (<2 grader). X-axeln på kurvorna anger stegsekvensen och y-axeln visar antal grader som stelkroppen roterar. Observera graderingen av y-axlarna. Den heldragna röda linjen är ett medel av stegen och den streckade blå linjen anger standardavvikelsen. Beteckningen i de enskilda ekipagens plottar (t ex ts302) anger att rörelsen är mätt i trav under nedsittning (trot sitting) och att hastigheten för detta ekipage var 3,02 m/s. De blå och lila markeringarna i grafens nederkant visar hovförflyttningen. Från ovan markeras vänster framben, höger framben, vänster bakben och höger bakben. Markeringen anger understödsfasen för respektive ben.

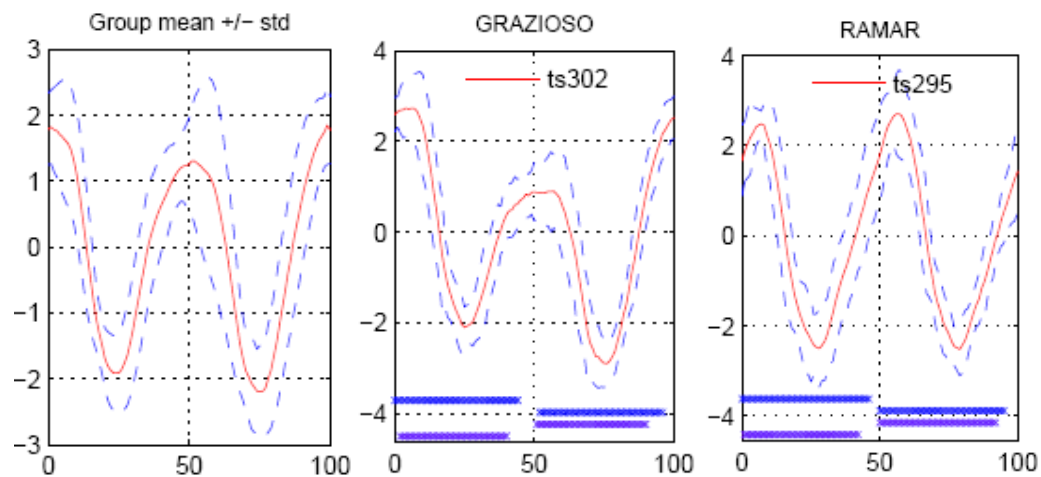


Figur 10. Roll av bäcken och överliv. Till vänster medelvärde för bäckenet och till höger överlivet relativt bäckenets rotation. Förklaring av grafen, se figur 9.

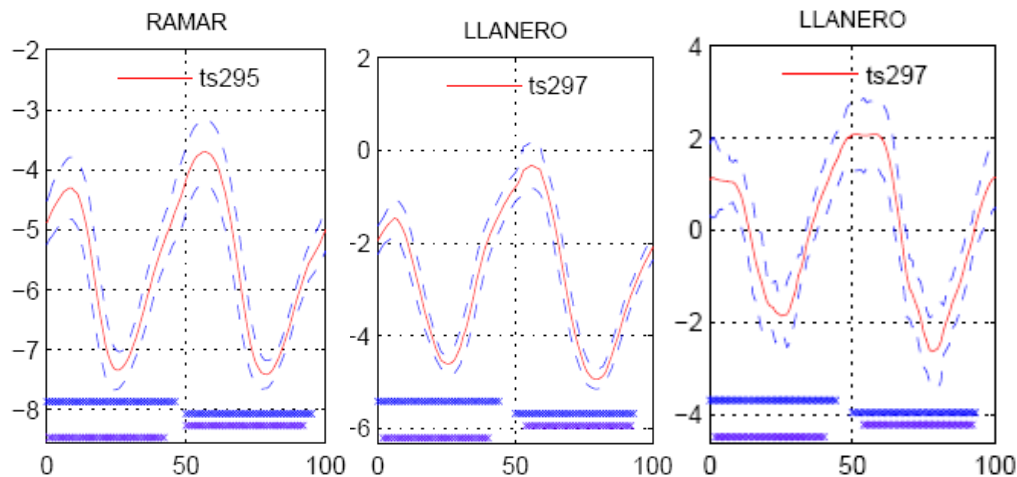
## Rotation runt y-axeln, pitch

### *Sadeln*

I samband med att det diagonala benparet får markkontakt är sadelns främre del som mest roterad nedåt, i positiv riktning (figur 11). Under första halvan av understödsfasen roterar sadeln bakåt för att i mitten av denna nå den mest negativa rotationen, det vill säga den mest bakåt- och uppåt lutande positionen. Under den andra halvan av understödsfasen och under svävfasen roterar sadeln framåt/nedåt till start av nästa diagonals understödsfas. Samma rotation ses sedan under nästa diagonals steg. Standardavvikelsen för de flesta ekipagen är låg, men mellan ekipagen skiljer sig rörelsen åt. Hos somliga ekipage finns en asymmetri mellan diagonalerna så tillvida att rörelseomfånget är större under den ena diagonalens steg jämfört med den andra. Några sadlar har en viss fasförskjutning så att tidpunkten för maximal positiv och negativ rotation sker lite senare i stegsekvensen än gruppens medel. Hästens bålvinkel har en likartad kurva som sadelns rotationsvinkel. Det högsta värdet på bålvinkeln är då manken (T6) är som lägst och det lägsta värdet är då manken är som högst i förhållande till bakdelen (L5). Vid jämförelse mellan bålvinkeln och sadelns rotation i pitch ses att för de sadlar som är senare i fas, det vill säga att deras extrempunkter ligger senare i stegsekvensen än gruppens medel, är även hästens bålrörelse senare (figur 11 och 12, Ramar). För ekipage där hästens bålvinkel är större för den ena diagonalens steg är även sadelns rotation större för den diagonalen (figur 12, Llanero). För sadeln är rörelseomfånget ungefär lika stort för alla ekipage, den sadel som roterar minst roterar 4 grader och den som roterar mest roterar 6 grader.



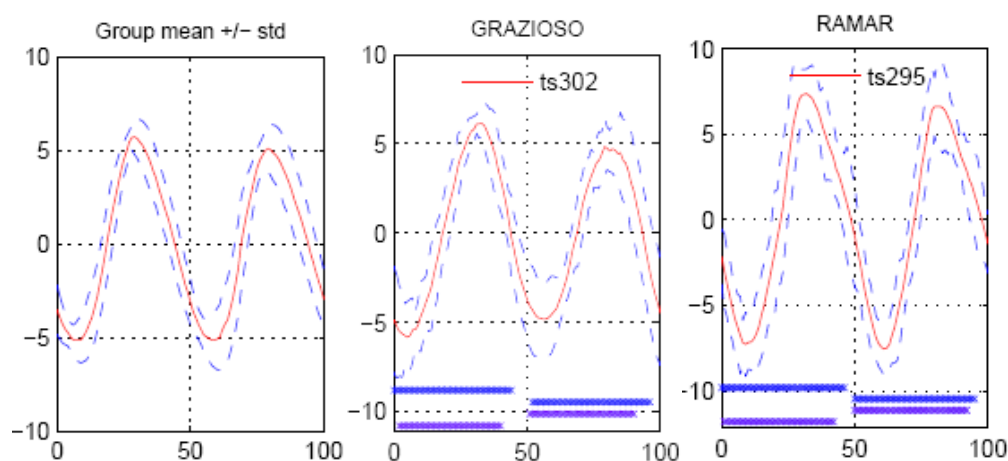
Figur 11. Pitch av sadeln relativt dess placering på en stillastående häst. Till vänster ett medelvärde för alla ekipage, i mitten ett exempel på olikheter i rörelseomfånget mellan diagonalerna och till höger ett exempel på fasförskjutning. Förklaring av grafen, se figur 9.



Figur 12. Rörelsen av hästens bål. Till vänster en hästs bål (Ramar). I mitten en annan hästs bål (Llanero) och till höger den hästens sadel, där det ses att bålens asymmetri återfinns i sadelns rörelse. Förklaring av grafen, se figur 9.

### Bäckenet

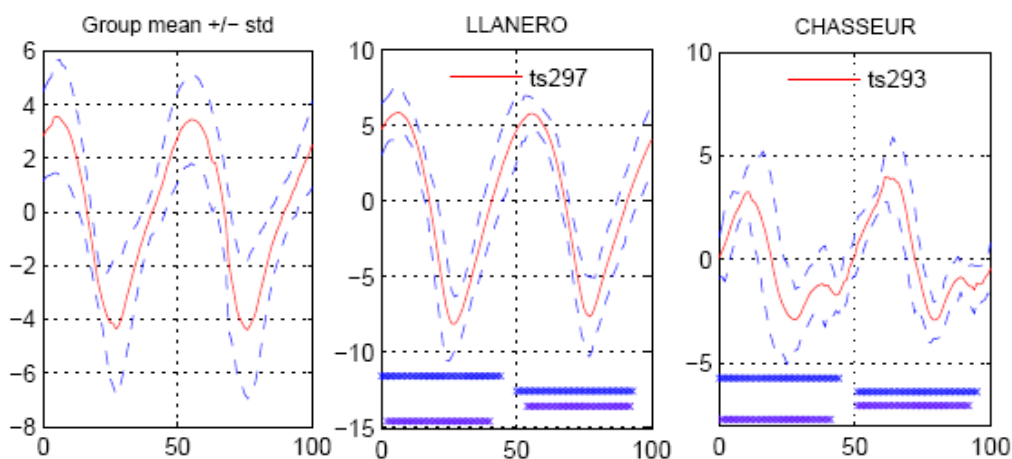
I anknytning till starten av understödsfasen roterar bäckenet bakåt, som mest negativt roterat är bäckenet 5-10 % in i steget (figur 13). Bäckenet roterar därefter framåt till andra halvan av understödsfasen då maximal positiv rotation nås. Under slutet av understödsfasen och under svävmomentet roterar bäckenet bakåt för att åter nå maximal positiv rotation i början av den andra diagonalens understödsfas. Rotationen upprepas därefter under den andra diagonalens steg. För några ryttare skiljer sig rörelsen åt mellan diagonalerna så att rörelseomfånget på rotationen är större för den ena diagonalens steg. För vissa ryttare ses tendens till en fasförskjutning vilket gör att rotationen sker senare i stegsekvensen än gruppens medel (figur 13). Denna fasförskjutning kan även ses i hästens bålvinkel och sadelns pitch. Den ryttares bäcken som roterar minst har 10 grader mellan extrempunkterna och den med mest rotation har 15 grader.



Figur 13. Pitch av bäckenet. Den vänstra bilden visar medelvärdet för alla ryttare, bilden i mitten visar exempel där en tendens till skillnad mellan diagonalerna kan ses och bilden till höger visar exempel på fäsförskjutning vilket gör att maximal negativ och positiv rotation sker senare i stegsekvensen än gruppens medelvärde. Förklaring av grafen, se figur 9.

### Överlivet

Då vänster diagonal landar roterar överlivet framåt i relation till bäckenet, vilket roterar bakåt (figur 14). När bäckenet sedan börjar rotera framåt, 5-10 % efter framhovens landning, börjar överlivet rotera bakåt i förhållande till bäckenet och fortsätter så fram till mitten av understödsfasen. Under den andra halvan av understödet och under suspensionsfasen roterar överlivet framåt relativt bäckenet som roterar bakåt. Rotationen upprepas sedan under höger diagonal. Överlivets rotation sträcker sig från 4 grader för det överliv som roterar minst till 13 grader för det som roterar mest.



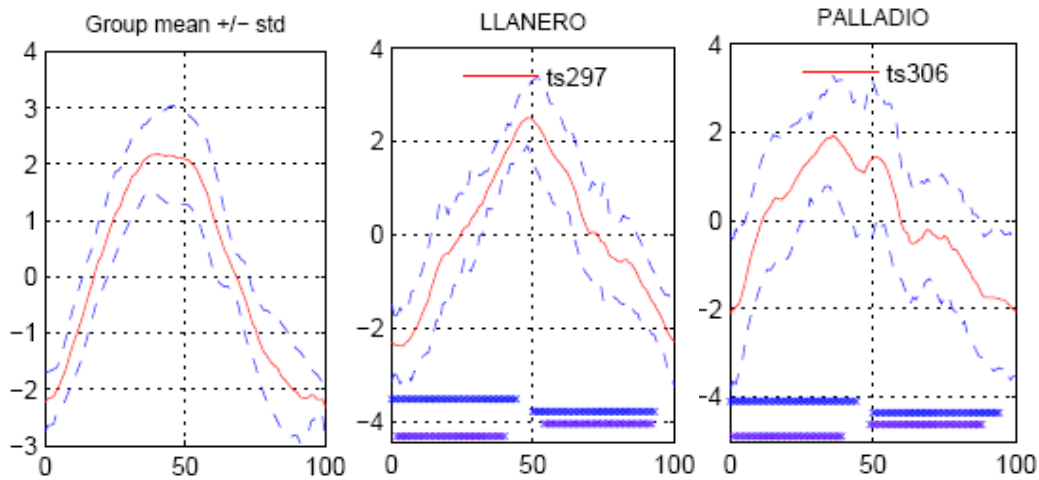
Figur 14. Pitch av överlivet i relation till bäckenets rotation. Figuren till vänster visar medelvärdet för alla ryttare, bilden i mitten och till höger visar exempel på två ryttares rörelser. Förklaring av grafen, se figur 9.

### Rotation runt z-axeln, yaw

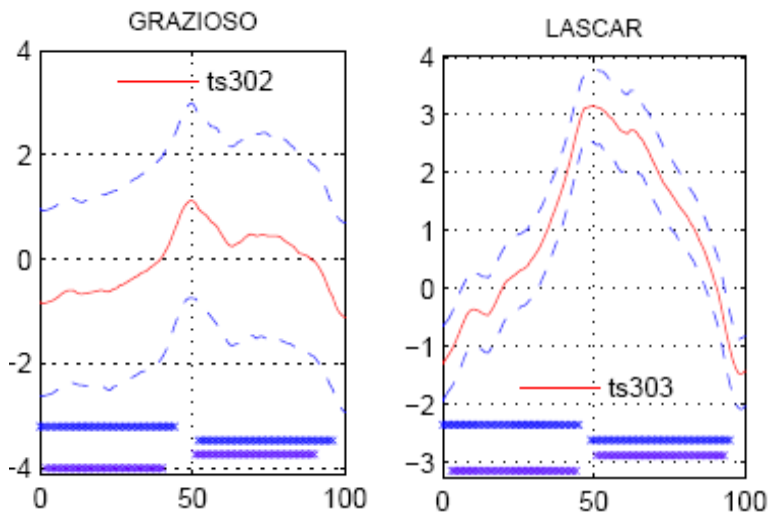
#### Sadeln

När det vänstra frambenet tar mark är sadeln som mest roterad till höger (lägsta värdet) (figur 15). Under vänster diagonals understöd och svävfas roterar sadeln

till vänster och når maximal vänsterrotation i samband med landning av höger diagonal. Sedan under höger diagonals understöd och svävfas roterar sadeln tillbaka till höger. Standardavvikelsen är relativt låg för de flesta ekipage men inom gruppen ses större variationer. Rörelsen är för vissa sadlar osymmetrisk så att t ex vridningen åt ena hållet sker snabbare än vridningen åt andra hållet (figur 15). Sadels rotation i yaw påverkas om hästen vrider sig i rörelseriktningen på rullmattan. Figur 16 visar två hästars variation av placering av bålen i mattans rörelseriktning. Rörelseomfånget för sadeln är från 4 grader till 6 grader.



Figur 15. Yaw av sadeln i relation till dess placering på en stillastående häst. Figuren till vänster visar medel för alla sadlar, bilden i mitten visar en sadel med liten variation och bilden till höger visar en sadel där vridningen till vänster sker snabbare än vridningen till höger (lutningen på kurvan är brantare vid vridning till vänster än vid vridning till höger). Förklaring av grafen, se figur 9.

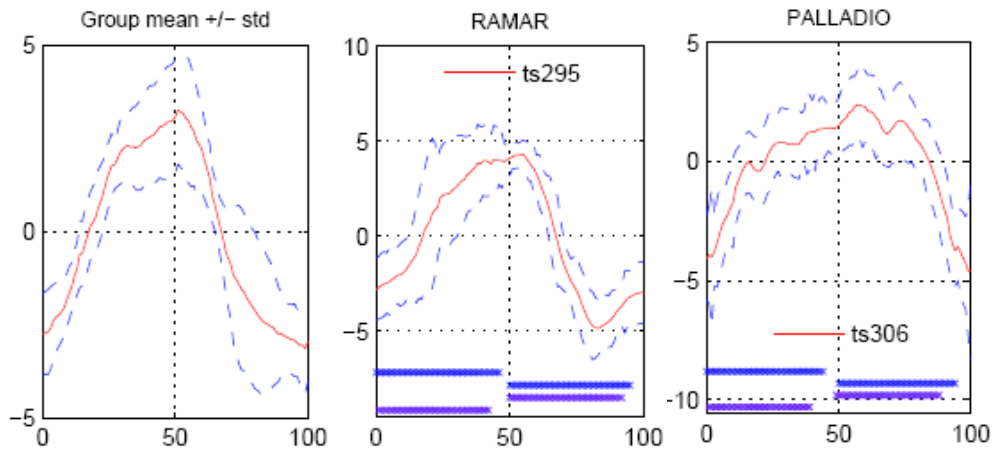


Figur 16. Placeringen av bålen i rullmattans rörelseriktning. Hästen till vänster har en större variation i sin bålrörelse än vad hästen till höger har. Förklaring av grafen, se figur 9.

### Bäckenet

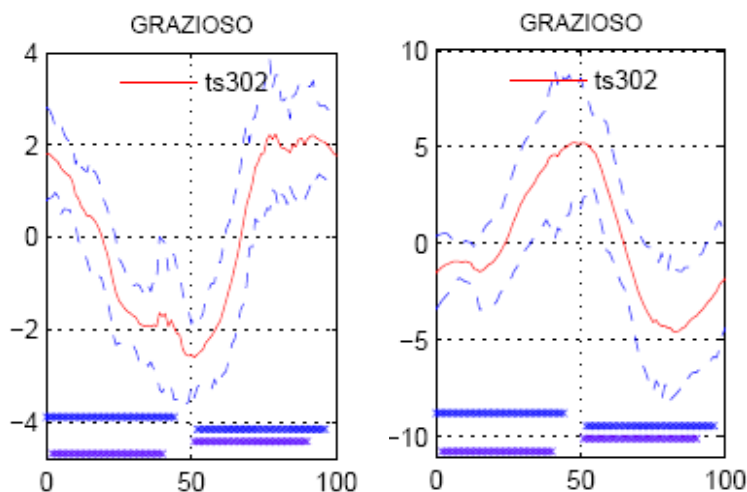
Då hästens vänstra framben landar är ryttarens bäcken som mest roterat till höger (figur 17). Under vänster diagonals understöd och svävfas roterar bäckenet till

vänster och når maximal rotation då höger diagonals framben landar. Sedan roterar ryttaren till höger under höger diagonals steg. Variationen av denna rörelse är inte så stor hos de enskilda ekipagen men som grupp är olikheterna större. Även här finns asymmetrier, för några ryttare är tidpunkten för maximal högerrotation tidigare i stegcykeln än tidpunkten för maximal vänsterrotation. Det gör att rotationen till höger sker snabbare. Denna skillnad ses även i sadelns rotation för några ryttare. Det finns bara små skillnader om rotationen anges relativt den stillastående positionen eller med avdrag för sadelns rörelse, det vill säga ryttaren vrider sig i sadeln. Bäckens rörelseomfång är 3 grader för det bäcken som roterar minst och 8 grader för det som roterar mest. Om sadelns rotation dras av roterar ryttarens bäcken mellan 2 och 5 grader vilket visar att ryttaren roterar i sadeln och inte helt följer sadelns rotation.



Figur 17. Yaw för bäckenet relativt dess placering på en stående häst. Den vänstra figuren visar gruppens medel. Figuren i mitten och till höger visar exempel på två ryttares bäcken. Ryttaren i mitten har en asymmetrisk rotation vilket betyder att rotationen till höger sker snabbare (brantare lutning) än rotationen till vänster. Förklaring av grafen, se figur 9.

Om man jämför roll och yaw för ryttarnas bäcken ses samband mellan dessa rörelser (figur 18). Då ryttarens vänstra höft sänks vrids den samtidigt till vänster och då höger höft sänks vrids den samtidigt till höger.

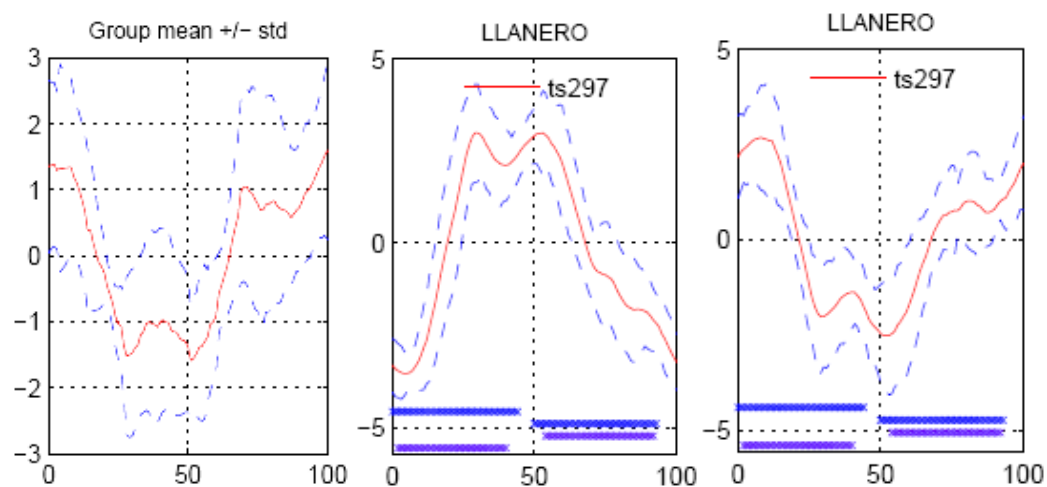


Figur 18. Jämförelse mellan roll och yaw för en ryttares bäcken. Till vänster ses en ryttares bäcken i roll och till höger samma ryttares bäcken i yaw. Samband mellan rotationerna kan ses, då en höft sänks vrids den även bakåt. Förklaring av grafen, se figur 9.



## Överlivet

Ryttarens överliv roterar i förhållande till bäckenet (figur 19). Rörelsen varierar ganska mycket mellan ekipagen men överlivets rörelser är kopplade till bäckenets rörelser. Då bäckenet vrids åt ett håll följer överlivet med i rörelsen men gör en mindre rörelse. Ett exempel på detta ses i figur 19. När bäckenet under vänster diagonals understöd roterar i positiv riktning med drygt sex grader roterar överlivet med ca fyra grader i motsatt riktning relativt bäckenet. Överlivet gör alltså en rotation som är ca två grader mindre än bäckenets rotation. Överlivets rörelseomfång är mellan 3 och 7 grader. Om sadelns rotation dras av roterar överlivet mellan 2 och 6 grader.



Figur 19. Yaw för överlivet relativt bäckenets rotation. Bilden till vänster visar medel för alla ryttare. I mitten ses exempel på bäckenets rörelse för en ryttare och till höger är överlivets rörelse i förhållande till bäckenet för samma ryttare. Figurerna illustrerar att överlivet följer med i bäckenets rotation men roterar mindre. Förklaring av grafen, se figur 9.

## Utvärdering av modellen

För att få en uppfattning om hur väl modellen beskriver ryttarens och sadelns rotation gjordes en utvärdering av modellen. I denna utvärdering beräknades vilken rotation stelkroppen (t ex ryttarens bäcken) skulle ha gjort om den var en perfekt stel kropp som inte kunde deformeras. Detta resultat jämfördes sedan med mätvärdena och på så sätt kunde ses hur väl beräkningen beskriver verkligheten. Sadelns avvikelse var ca 4 mm, störst avvikelse var det i sadeln i mitten av understödsfaserna för båda diagonalerna. Bäckenets avvikelse varierade mellan ryttarna, i medel av avvikelsen 12 mm men två av ryttarna avvek ca 25 mm och två bara drygt 2 mm. Ryttarnas överliv visade mindre variation, medelavvikelsen var ca 6 mm.

## Utvärdering av ryttarna

Utvärderingen av ryttarna visade att de flesta hade en inkorrekt hand- och armställning med framskjutna axlar, en inte rät linje mellan armbåge, via handled till tyglarna och att ryttarna var inaktiva på hästryggen. Den ryttaren som ansågs vara minst följsam med hästens rörelser hade det största rörelseomfånget av bäckenet i pitch och den ryttare som ansågs vara mest följsam hade ett

rörelseomfång av bäckenet som var bland de minsta. Det var även dessa ekipage som fick det högsta respektive det lägsta betyget för sitsen (7 respektive 5). Övriga ekipage fick betyget 6 för sitsen. De asymmetrier som har givits exempel på ovan var inget som kunde uppfattas på video.

# Diskussion

## Sadelns rotation

Enligt Faber et al. (2001) roterar kotorna i hästens ryggrad 4,6 - 5,8 grader i axiell rotation motsvarande roll, 2,4 - 4,8 grader i böjning och sträckning motsvarande pitch, och 1,9-3,6 grader i böjning i sidled motsvarande yaw. Detta kan jämföras med resultaten av denna studie där sadelns rotation var 2-10 grader i roll, 4-6 grader i pitch och 4-6 grader i yaw. Överlag stämmer resultaten väl med Fabers. De skillnader som finns kan förklaras med att det inte var ryggradens utan sadelns rotation som mättes, att hästens rörelsemönster påverkas av att bära en ryttare och att försöken utfördes i olika tempon (3,0 m/s respektive 4,0 m/s i Fabers studie) och med olika typ av hästar (välutbildade dressyrhästar respektive unga varmblod). Både hastigheten som hästen går i och utbildningsgraden påverkar hästens rörelsemönster (Robert et al., 2001; Back, 2001). Sadelns rotation i pitch påverkas dessutom inte enbart av ryggens sträckning och böjning utan även bålverkens förändring (figur 12). Sadelns rotation i yaw var något större i detta försök jämfört med ryggens rörelse enligt Faber. Det kan bero på att hästens rörelse på rullmattan kan ha inverkat på detta resultat. Det kan också bero på att sadelgjorden är placerad vid den främre delen av sadeln vilket möjliggör en större rörelse av den bakre delen.

I detta försök ses att sadelns rotation runt y-axeln, pitch, främst påverkas av hästens bålrörelser. Hästens bål rör sig upp och ner i takt med dess steg. Hästens bål är som mest horisontell precis innan hovkontakt (figur 12) vilket även har vistats av Buchner et al. (1996). Det är samtidigt som sadeln är som mest roterad framåt (figur 11). Den asymmetri som eventuellt finns i sadelns pitch verkar ha sitt ursprung i hästens rörelse. Även sadelns vridning runt z-axeln kan tillkopplas till hästens ryggrörelser. Då vänster bakben landar roterar både den första ländkotan, L1, och den tredje korskotan, S3, på hästen medurs. Detta innebär att höftregionen böjs åt den sida där bakbenet är i marken. Samtidigt roterar den tionde bröstkotan, T10, moturs vilket gör att ryggen blir mer böjd mot frambenet som är i luften (Faber et al., 2001). Ryggen böjs alltså som ett komma vid starten av höger diagonals understödsfas och som ett C vid början av vänster diagonals understöd. Detta stämmer överens med sadelns vridning: sadeln är vriden till höger då vänster diagonal tar mark och till vänster då höger diagonal landar. Sadeln följer alltså den tionde bröstkotans rörelser och detta på grund av att sadeln är fastsatt på den främre delen av ryggen (Harman, 1999). Rotationen kring z-axeln är väldigt känslig för hästens rörelse på rullmattan. Om hästen under stegets gång vrider sig så att ryggraden inte är parallell med rullmattans rörelseriktning inverkar det på resultatet i yaw för både sadeln och ryttaren. Om denna avvikelse sker vid samma tidpunkt i stegcykeln i varje steg kan det ge en större rotation än vad som skulle mätas om hästen rörde sig rakt. Om hästen vrider sig olika mycket mellan stegen och varierar tidpunkten av vridningen ökar istället variationen i rotationen. Det skulle kunna förklara en del av standardavvikelsen för rotationen runt z-axeln (figur 16). Rörelserna i roll och pitch påverkas inte på samma sätt då hästen knappast kan avvika i rörelse på rullmattan så att det ger variationer i roll och pitch. Det är svårt att under mätningarna helt hindra att hästen vrider sig i rörelseriktningen, det är en ny miljö för hästen och hästen kan spänna sig när den ska ridas i en förutbestämd form i ett angett tempo. Men detta kan även vara ett mått på hur välriden hästen är och på hur väl hästen är under ryttarens hjälper och på stabiliteten hos hästens rörelser.

## Ryttarens rotation

Ryttarens rörelse i pitch verkar främst vara en passiv rörelse med huvudsyfte att ta upp stöten då hästen landar på underlaget. Krafterna som uppstår då hästens hov landar på underlaget och bromsas av detta gör att hästens kropp bromsas upp och hastigheten minskar under den första halvan av understödsfasen (Back, 2001). Under den andra halvan accelereras hästen då den skjuter ifrån mot underlaget. Det verkar som om ryttaren tar emot stöten då hästen landar genom att rotera bäckenet framåt och samtidigt rotera överlivet bakåt relativt bäckenet, vilket innebär att ryttaren sjunker ihop genom att ländryggen svankar (figur 13 och 14). När hästen sedan skjuter ifrån mot marken under den andra halvan av understödsfasen och undersvåvmomentet roteras bäckenet bakåt och överlivet framåt relativt bäckenet, ryttaren sträcker sig uppåt. Den låga variationen hos varje ekipage och de stora likheterna mellan ekipagen antyder att denna rotation inte är någon som ryttaren utvecklar en egen stil i. Rotationen verkar inte heller påverkas av att ryttarna hade en stor variation i kroppsvikt (46,2- 94,0 kg), rörelseomfånget är ungefär lika för alla. Då denna rotation verkar vara en passiv rörelse hos ryttaren borde ojämnheter i hästens rörelser, t ex hältor, kunna mätas i denna rotation hos ryttaren. Om hästen på grund av t ex en hälta håller igen ena diagonalens steg borde detta kunna ses hos eller kännas av ryttaren i rotationen av bäcken och överliv.

Om ryttarens rygg används optimalt fungerar den stötdämpande (Swift, 2003; <http://www.sjukvardsradgivningen.se/artikel.asp?CategoryID=17671>, 2007-05-22). Då ryttaren har sitt bäcken korrekt placerat, det vill säga varken svankar eller kutar med ryggen, kan bäckenet och ryggen ta upp stöten från hästen och därmed kommer ryttaren att bli mer harmonisk med hästens rörelser. Det borde vara av stor betydelse för både hästens och ryttarens hållbarhet att ryttaren lär sig att använda sin kropp rätt. En ryttare som skumpar runt mycket borde inverka negativt på hästen. Hästen borde spänna sig och få ett mindre fritt och avslappnat rörelsemönster. Inom ridning, precis som i andra sporter, är det viktigt att ha bra kroppskontroll för att kunna använda sin kropp och sina muskler på rätt sätt. Om ryttaren använder sin kropp felaktigt borde det vara större risk att hästen får skador. Dessa kanske inte sätts i samband med en felaktig inverkan från ryttaren och man kan då luras att skylla alla problem på ett dåligt hästmateriäl. För ryttarens del borde en spänd rygg på sikt kunna ge ryggproblem och onödig belastning. Detta borde vara särskilt viktigt för de professionella ryttarna som spenderar en stor del av sin tid i sadeln. Mer erfarna ryttarna har dock troligen lärt sig att använda sin rygg korrekt. Korrekt användning av ryggen borde också vara en del som är viktigt att ryttarna lär sig tidigt under sin ridutbildning. För att träna denna avslappnade sits kan ryttarna longeras utan tyglar och stigbyglar. Resultatet av ryttarnas pitch i denna studie visar inte om ryttarna använder sin rygg och bäcken optimalt eller inte.

Ryttaren verkar följa sadelns och hästens vridning längs z-axeln. Då hästen och sadeln är som mest vriden till vänster är även ryttarens bäcken och överliv roterat åt samma håll (figur 17 och 19). Samband kan även ses mellan yaw och roll för ryttarens bäcken (figur 18). Detta kan bero på att rotationerna mättes i tre riktningar men den faktiska rotationen av bäckenet var kanske ett mellanting mellan roll och yaw, liknande den cyklande rörelsen som beskrivs i Swift (2003). Anledningarna till att rotationen i roll i detta försök hade en stor variation både mellan ryttarna och mellan stegen hos samma ryttare kan vara flera. Det kan vara så att denna rotation påverkas av ryttarens personliga ridstil och att samma mönster hos ryttaren skulle ses om ryttaren fick rida flera olika hästar. Det kan

också vara så att hästarna har ett eget rörelsemönster som skulle ses om flera ryttare fick rida samma häst. Denna rotation kan också vara känslig för inverknings från ryttarens hjälper eller så ses den bättre i andra sammanhang än vid ridning rakt fram i samma tempo, till exempel vid användandet av vikhjälper för att vända hästen.

Hästarna i detta försök reds av ryttare som tävlar på hög nivå, men ändå ses vissa asymmetrier. De asymmetrier som finns kan bero både på oliksidighet hos hästen och hos ryttaren. Tidigare studie på dessa ekipage har visat att hästens krafter mot underlaget vid lätttridning i trav är mindre asymmetriska då hästen får gå i en friare form än då den är samlad av ryttaren (Eklind, 2007). Det fanns även skillnader då ryttaren satt ner i traven. Så en del av asymmetrin kan förklaras av att ryttaren påverkar hästen att gå asymmetriskt. Men samtidigt finns studier som visar att även dressyrhästar på hög nivå visar oliksidigheter mellan diagonalerna i trav (Clayton, 1994). Frågan är om man generellt är mer medveten om hästens eventuella snedheter och har mindre kännedom om ryttarens asymmetrier? Det varierar troligen mycket mellan olika ryttare hur mycket de är medvetna om och tränar sina egna snedheter. Detta är ett ämne som uppmärksammas mer och mer, till exempel har träning av ryttaren med den så kallade Feldenkraismetoden blivit uppmärksammas (Skúlason & Helmersson, 2006) och intresset för ridning med stort fokus på ryttarens sits och inverknings ökar. Det börjar också bli mer vanligt att ryttare använder andra träningsformer än ridning för att träna upp sig och det har publicerats litteratur som beskriver övningar som är bra för ryttare (Johansson, 2006).

Ryttarens hjälper påverkar hur stor och i vilken riktning rotationen av kroppen sker. Ryttaren kan försöka att flytta hästen så att den går rakt på mattan eller så kan ryttaren behöva korrigera/inverka med tyglarna. En rörelse i tyglarna borde fortplanta sig upp genom ryttarens armar till axlarna och där påverka överlivets rörelser. Om ryttarens korrigerings är återkommande i varje steg kan korrigeringen ses i resultatet som en asymmetri, till exempel om ryttaren i varje steg sitter till lite kraftigare på vänster sittben vid samma tidpunkt i stegsekvensen. Om ryttaren istället i vissa steg sitter till på vänster sittben, i vissa på höger och ibland inte inverkar alls ökar bara standardavvikelsen. Om ryttarens hjälper sker symmetriskt, till exempel en inverkan från tyglarna, vid samma tidpunkt och i lika mycket i både positiv och negativ riktning och dessutom i varje steg blir detta ryttarens normala rörelse. I figur 17 ses ett exempel där ryttaren på Ramar gör en snabbare sidovridning av bäckenet i högersteget än i vänstersteget. Denna vridning kan inte förklaras av rörelser hos sadeln eller hästen utan borde härstamma antingen från en medveten hjälp av ryttaren eller från en omedveten rörelse. Detta är dock inget som kunde ses vid utvärderingen av ekipagens videoinspelning sett från sidan.

I detta försök var det tillsagt att hästarna skulle gå i en korrekt form i enlighet med FEIs riktlinjer. Där står att hästen ska ha nacken rest och nosryggen strax framför lodplanet (<http://www.fei.org/Disciplines/Dressage/Documents/DressageRules2006.pdf>, 2007-04-17). Det är troligt att detta påverkar ryttarens rörelser. Då ryttaren försöker få hästen att gå samlad i en högre form är det troligt att ryttaren rätar upp sig mer och sträcker sig mer bakåt än om ryttaren försöker få hästen att söka sig framåt nedåt med huvud och hals. Detta är något som vore intressant att fortsätta att studera och som även är möjligt att göra då ekipagen i denna studie studerades i flera olika former och hastigheter. Det borde även vara skillnad om ryttaren rider aktivt och följer med i hästens rörelser eller om ryttaren bara passivt försöker påverka så lite som möjligt. Då ryttaren rider aktivt

borde dess rörelse vara mer i fas med hästens rörelse än för en ryttare som bara passivt följer hästen. För den passiva ryttaren borde det vara troligare att en fasförskjutning uppstår så att ryttaren är efter i rörelsen. En tendens till detta kan ses i figur 13 till höger. Denna ryttares bäcken är något senare i fas än gruppens medel. Delvis kan detta förklaras av hästens bålsvinkel men detta var även den ryttare som vid den visuella utvärderingen ansågs rida mest passivt.

## Utvärdering med ridlärare

Då dressyrläraren från Ridskolan Strömsholm utvärderade ryttarna kunde hon inte uppfatta rotationerna av de enskilda kroppsdelarna, så som de mättes upp i detta försök. Då ryttaren studeras från sidan och uppspelningen av videon sker i normal hastighet är det troligt att de rotationer som finns i bäcken och överliv så små att de inte går att urskilja med ögat. Rotationen går dessutom väldigt fort då ryttaren till exempel i pitch hinner göra två rotationer fram- och två tillbaka under en stegcykel. Det var även svårt att utvärdera rotationerna i roll och yaw då ekipagen var filmade från sidan och inte bakifrån. Vid visuell utvärdering av ekipagen är det dessutom andra samband och rörelser som är mer uppenbara och till synes av större vikt, t ex om ryttarna sitter framåt- eller bakåtlutade och hur händerna hålls.

Vid utvärderingen bedömdes ryttarna överlag ha en ganska dålig sits, medelbetyget för sitsen blev 6 på en skala 0-10 där 7 är godkänt. De fick kommentarer om dålig handställning, spända axlar och inaktiv ridning. Denna dåliga sits och inaktiva ridning påverkar resultaten. De spända axlarna kan ge spänningar i ryggen som i sin tur ger sämre ryggfunktion och stötdämpning. Det vore därför intressant att även göra mätningar på ryttare som anses ha en mer korrekt och aktiv sits för att se hur detta påverkar ryttarens rörelser i sadeln. Samband sågs mellan bedömningen av ryttarens följsamhet och harmoni med hästens rörelser och bäckenets pitch.

Jämförelserna mellan den objektiva mätningen och den subjektiva utvärderingen av ekipagen visar att det är olika saker som träder fram. Med mätningarna kan viktiga detaljer tas fram som inte är möjliga att upptäcka annars, t ex asymmetrier. Den visuella studien av ekipagen kompletterar mätningarna då den kan ange vad som anses som bra och dålig ridning. Vid de objektiva mätningarna går det inte att avgöra om resultaten visar korrekt ridning, till exempel om ryttaren sitter i en bra sits och hur ryttaren använder sina hjälper. Då ridsport till viss del är en bedömningsport är det viktigt att kunna se sambanden mellan de uppmätta resultaten och den subjektiva bedömning som görs vid till exempel dressyr tävlingar.

## Ridlärar

Det finns mycket skrivet i hobbyhandböcker om ryttarens sits (Ankarcrona, 1993; Swift, 1995; Kyrklund & Lemkow, 1996; Tibblin, 1999; Swift 2003; Skúlason & Helmersson, 2006;). I de flesta böckerna fokuserar man på den lodräta sitsen och utgår då från ett stillastående ekipage och går igenom ryttaren från huvud till fötter. När ryttaren sedan ska sätta igång att rida förutsätts att den lodräta sitsen ska bibehållas. Det finns lite forskat på detta område men den allmänna uppfattningen verkar vara väldigt liknande i de olika tryckta ridlärorna. Anledningen till att den lodräta sitsen är så accepterad kan vara att om ryttaren sitter placerad så kan denne inverka på ett bra sätt på hästen. Om ryttaren sitter

tillbakalutad med skänklarna framdragna är det svårt att ge efter i tyglarna. Om ryttaren sitter för framåtlutad med skänklarna tillbakadragna hamnar dessa långt tillbaka och kommer att inverka på en del av hästens buk som inte är lika känslig som där skänkeln normalt är placerad. På liknande sätt kan handen bli stel om tyglarna inte hålls korrekt (Kyrklund & Lemkow, 1996). Den ridlära som mest ingående försöker beskriva hästens och ryttarens rörelser är den centrerade ridningen av Swift (1995, 2003). Några av teorierna som tas upp i dessa böcker kan även ses i denna studie. Till exempel förklaras bäckenets stötdämpande funktion och vikten av att använda rygg och bäcken korrekt. Detta kan kopplas till resultatet av ryttarnas pitch, som verkar vara en passiv rörelse liknande för alla ryttare i studien (figur 13 och 14). Även sambandet mellan bäckenets roll och yaw (figur 18) tas upp av Swift (2003).

## Referensmätning

Då man mäter rotationer måste man alltid mäta relativt något. I denna studie valdes att mäta rotationerna relativt en stillastående placering. Då det i efterhand visade sig att placeringen där inte var helt rak och neutral, vilket var syftet, uppstod svårigheter att tolka data. Placeringen som rotationerna jämförs med blir ryttarens nollposition. Om ryttaren t ex satt vriden till vänster i referensmätningen men sitter rakt under mätningen i rörelse kommer det att se ut som om ryttaren sitter snett till höger under steget. Genom att dra av medelvärdet av rotationen fås en kurva som varierar kring noll. Detta gör att det blir lättare att jämföra ekipagen med varandra men samtidigt kan det vara missvisande. Det går inte att se om en ryttare sitter snett. Referensmätningen är svår att korrigera i efterhand. För framtida studier är det därför viktigt att man försöker vara ännu mer noggrann med att samtliga hästar verkligen är rakt och korrekt uppställda och att ryttaren sitter rakt på hästen.

## Felkällor

Vid utvärdering av kropparna sågs att sadeln, ryttarens överliv och bäcken fungerade bra som modeller. Trots att särskilt ryttaren är ganska rörlig var avvikelserna från modellen små. Avvikelseerna från en stel kropp kan förklaras med främst två orsaker. Antingen är kroppen inte stel utan den deformeras eller så finns det en rörelse hos markörerna så att avståndet mellan dessa varierar. I denna studie kan man tänka sig båda orsaker till avvikelserna. Både sadeln och ryttaren är inte helt odeformerbara. Sadeln ska ha en viss eftergivlighet så att den kan ta emot och dämpa stötar från häst och ryttare och kan följa hästens rörelser så att inte skador i form av till exempel skavsår eller tryckskador uppstår. Samtidigt ska sadeln vara så stabil att ryttarens tyngd fördelas över hästens rygg. Hur stor eftergivlighet som sadeln har borde variera mellan olika märken och modeller. Ryttarens bäcken borde vara relativt stelt då ligamenten och musklerna mellan benen i bäckenet tillåter mycket liten rörelse (Swift, 2003). Överlivet har möjlighet till en större rörelse, bland annat kan axlarna och ryggraden röra sig så att överlivet inte beter sig enligt beräkningarna för en stel modell. Genom att dela upp ryttaren i överliv och bäcken minskas avvikelserna då flertalet rotationer var olika för ryttarens bäcken och överliv (figur 14 och 15, 19). Dessa skillnader illustrerar att ryttaren är rörlig i midjan och att det är nödvändigt att dela upp ryttaren i två enheter, överliv och bäcken.

Markörerna på ryttaren var fastlimmade i tättsittande kläder men små rörelser av dessa är möjliga och det kan särskilt förklara avvikelserna i bäckenet.

Rörligheten där var säkert till stor del rörelse i tyget i ridbyxorna, motsvarande hudrörelser som sker hos hästen. Hos hästar har man sett att hur mycket hudrörelser som finns varierar beroende på över vilken led man mäter (Back, 2001). För att komma ifrån rörelser som inte kommer från underliggande skelett kan man fästa markörerna med nålar direkt i skelettet. För detta försök vore det oetiskt och tidsödande att göra, då det var så många markörer som användes och mindre acceptabelt då människor var inblandade. De ryttare som hade större avvikelser kan antingen ha haft ridbyxor gjorda av ett med töjbart tyg eller så rörde ryttarna sig på ett sådant sätt att mer tygrörelser uppstod.

Sadelns rörelse på hästens rygg och därmed även ryttarens rörelse borde påverkas av hur hårt sadelgjorden är spänd och om någon utrustning används mellan sadeln och hästens rygg. I detta försök var utrustningen standardiserad i så hög utsträckning som möjligt för att undvika variationer beroende på utrustningen.

En annan felkälla kan vara det lilla materialet av ekipage (sju stycken). Detta gör att resultaten från denna studie inte automatiskt kan överföras till andra sammanhang. Det som studien visade, både de objektiva mätningarna och utvärderingen av videosekvenser av ryttarna, var dock att detta var en homogen grupp av ryttare. De rotationer som verkar påverkas främst av ridstil är roll och yaw då mer av ryttarens inverkningsverkan borde ses. Pitch verkar vara mindre känslig för olikheter mellan ryttarna så som viktskillnader.

## **Framtida studier**

Då detta är ett relativt outforskat område finns det många delar som skulle behöva studeras närmre. I denna studie sågs samband mellan hästens och ryttarens rörelsemönster. Detta borde studeras mer ingående så att det verkligen kan verifieras vilka rörelser på hästryggen som kommer från hästen och vilka som är inverkningsverkan från ryttaren. Det vore intressant att vidare undersöka sambandet mellan ryttarens pitch och hästens belastning i samband med understödsfasen. Hur påverkar det hästen om ryttaren är spänd i rygg och bäcken och rör sig mycket upp och ner i sadeln? Ökar detta belastningen på hästens rygg och ben? Ger en ryttare som rider aktivt och är följsam mindre belastning? Hur påverkar det timingen mellan ryttare och häst om ryttaren rider passivt eller aktivt? Detta är frågeställningar då det kan vara användbart att kombinera mätningar med utvärdering av ryttarna av erkänt duktiga dressyrutbildare.

Det vore även intressant att jämföra ryttare av olika utbildningsgrad. Hur skiljer sig rörelsemönstret åt mellan oerfarna och erfarna ryttare? De oerfarna kan förväntas ha en större variation i sitt rörelsemönster och de borde visa på mer asymmetrier och färförskjutningar. Detta skulle vara intressant att studera genom att låta flera ryttare rida samma hästar och därmed se hur ryttarna beter sig på samma häst. Då ryttaren försöker få hästen att gå samlad i en högre form är det troligt att ryttaren rätar upp sig mer och lutar sig mer bakåt än om ryttaren försöker få hästen att söka sig framåt nedåt med huvud och hals. Detta är något som vore intressant att fortsätta att studera och som även är möjligt att göra då ekipagen i denna studie studerades i flera olika former och hastigheter. Det vore även intressant att titta på ryttaren i olika tempon, gångarter, övergångar, hjälpgivning mm.



# Slutsatser

Dessa samband och slutsatser kan dras av detta försök:

- Sadeln följer hästens rörelser i pitch och yaw. Samband kan ses mellan hästens bålsvinkel och sadelns pitch och mellan den laterala böjningen av hästens ryggkotpelare och sadelns yaw.
- Ryttaren följer hästens och sadelns vridning i yaw.
- Ryttarens pitch verkar vara en passiv rörelse med huvuduppgift att dämpa stöten från hästen då den landar på underlaget. Storleken på rotationen påverkas inte av ryttarens vikt.
- Samband kan ses mellan bäckenets rotation i roll och yaw. Då ena sidan av höften sänks vrids den även bakåt.
- Det finns samband mellan en bedömning av ryttarens följsamhet och harmoni med hästens rörelser och bäckenets pitch. Den ryttare som bedömdes som mest följsam hade ett rörelseomfång av bäckenet i pitch som hörde till de lägsta och den ryttare som bedömdes som minst följsam hade störst rörelseomfång.
- Det som kan mätas med dagens teknik är detaljer som inte går att upptäcka med ögonen. Detta visar på nyttan av att göra studier liknande denna för att undersöka samspelet mellan ryttare och häst. Genom att kombinera tekniska hjälpmedel med personer med lång praktisk erfarenhet av att granska ekipage nås den bästa utvärderingen av ryttare och häst.

## Litteraturförteckning

- The American Heritage: Dictionary of the English Language. 2000. Houghton Mifflin Company, (<http://www.bartleby.com/61/88/P0158800.html>, 2007-05-29)
- Ankarcrona, N. 1993. Grundläggande ridlära. I: *Hästen som hobby*, red. Grenholm, G., Cornell, J. & Rudolfsson, M. L. Bokförlaget Forum AB, Stockholm.
- Back, W. 2001. Intra-limb coordination: the forelimb and the backlimb. I: *Equine locomotion*, red. Back, W. & Clayton, H. M. WB Saunders, London.
- Barrey, E. 2001. Inter-limb Coordination. I: *Equine locomotion*, red. Back, W. & Clayton, H. M. WB Saunders, London.
- Bowers, J. R. & Slocombe, R. F. 1999. Influence of girth strap tensions on athletic performance of racehorses. *Equine veterinary journal*, suppl. 30, 52-56.
- Branderup, B. 2000. *Akademisk ridkonst*. Kapson hästböcker, Hästängsudd.
- Buchner, H. H., Savelberg, H. H., Schamhardt, H. C. & Barneveld, A. 1996. Head and trunk movement adaptations in horses with experimentally induced fore- or hindlimb lameness. *Equine veterinary journal*, 28(1), 71-76.
- Buchner, H. H., Savelberg, H. H., Schamhardt, H. C., Merkens, H. W. & Barneveld, A. 1994. Habituation of horses to treadmill locomotion. *Equine veterinary journal*, suppl. 17, 13-15.
- Clayton, H. M. 1994. Comparison of the stride kinematics of the collected, working, medium and extended trot in horses. *Equine veterinary journal*, 26(3), 230-234.
- Clayton, H. M. & Schamhardt, H. C. 2001. Measurement techniques for gait analysis. I: *Equine locomotion*, red. Back, W. & Clayton, H. M. WB Saunders, London.
- de Cocq, P., Weeren, P. R. & Back, W. 2004. Effects of girth, saddle and weight on movements. *Equine veterinary journal*, 36(8), 758-763.
- Devienne, M. F. & Guezennec, C. Y. 2000. Energy expenditure of horse riding. *European journal of applied physiology*, 82, 499-503.
- Eklind, U. 2007. Jämförelse av vertikala krafter mellan hov och underlag vid nedsittning och lätttridning i trav hos häst. Examensarbete nr 45, SLU, Uppsala.
- Faber, M., Johnston, C., Schamhardt, H., van Weeren, R., Roepstorff, L. & Barnedeld, A. 2001. Basic three-dimensional kinematics of the vertebral column of horses trotting on a treadmill. *American journal of veterinary research*, 62(5), 757-764.
- Fédération Equestre Internationale. 2006. Rules for dressage events. 22:a upplagan. <http://www.fei.org/Disciplines/Dressage/Documents/DressageRules2006.pdf>
- Fruehwirth, B., Peham, C., Scheidl, M. & Schobesberger, H. 2004. Evaluation of pressure distribution under an English saddle at walk, trot and canter. *Equine veterinary journal*, 36 (8), 754-757.
- Galloux, P., Richard, N., Dronka, T., Leard, M., Perrot, A., Jouffroy, J. L. & Cholet, A. (1994) Analysis of equine gait using three-dimensional accelerometers fixed on the saddle. *Equine veterinary journal*, suppl. 17, 44-47.
- Harman, J. 1999. Tack and saddle fit. *The veterinary clinics of North America. Equine practice*, 15, 247-261.
- Holmström, M., Fredricson, I. & Drevemo, S. 1995. Biokinematic effects of collection on the trotting gaits in the elite dressage horse. *Equine veterinary journal*, 27(4), 281-287.
- Johansson, U. 2006. *Ryttare är idrottare*. SISU Idrottsböcker, Stockholm.
- Kyrklund, K. & Lemkow, J. 1996. *Dressyr med Kyra*. ICA Förlaget AB, Västerås.
- Meyners, E. 1992. *Fit for riding. Exercises for riders and vaulters*. Half Halt Press, Maryland, USA.
- Palm, J. 1980. *Xenofon: Om hästar och ridning*. Carmina, Uppsala.
- Robert, C., Audigié, F., Valette, J. P., Pourcelot, P. & Denoix, J. M. 2001. Effects of treadmill speed on the mechanics of the back in the trotting saddlehorse. *Equine veterinary journal*, suppl. 33, 154-159.
- Schils, S. J., Greer, N. L., Stoner, L. J. & Kobluk, C. N. 1993. Kinematic analysis of the equestrian – Walk, posting trot and sitting trot. *Human movement science*, 12, 693-712.
- Sjukvårdsrådgivningen  
(<http://www.sjukvardsradgivningen.se/artikel.asp?CategoryID=17671>, 2007-05-22)
- Skúlason, M. & Helmersson, S. 2006. *Islandshästen: vägen till framgång med hästen som partner*. Prisma, Stockholm.
- Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan, M. M., Barneveld, A. & Schamhardt, H. C. 1995. Effects of weight and riding on workload and locomotion during treadmill exercise. *Equine veterinary journal*, 18, 413-417.

- Swift, S. 1995. *Ett med hästen*. Wahlström & Widstrand, Stockholm.
- Swift, S. 2003. *Centrerad ridning*. Wahlström & Widstrand, Stockholm.
- Tibblin, B. 1999. *Ridlära*. LTs förlag, Helsingborg.
- van Weeren, P. R. 2001. History of locomotor research. I: *Equine locomotion*, red. Back, W. & Clayton, H. M. WB Saunders, London.