



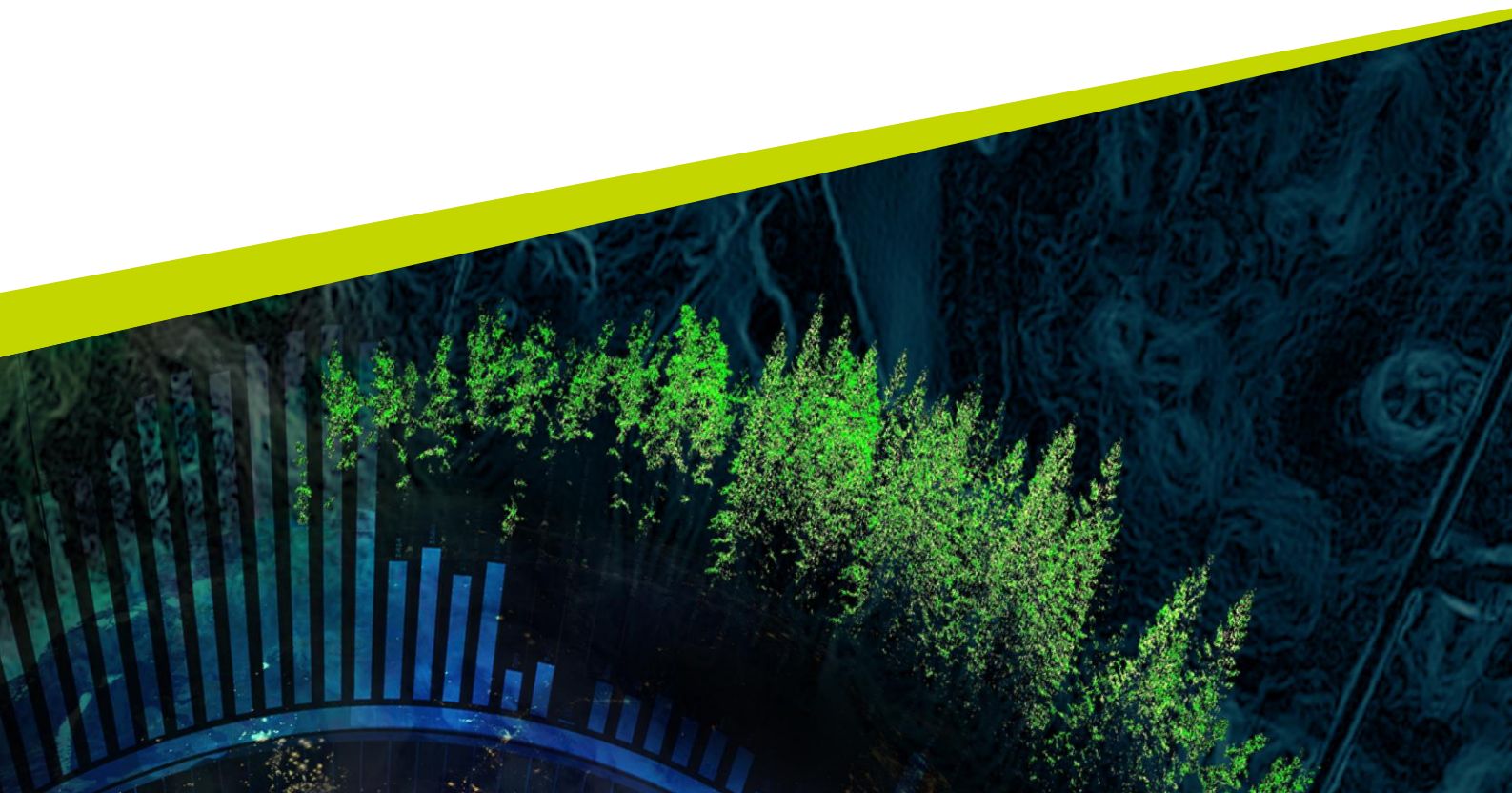
Liksidighet hos häst och ryttare

– en experimentell studie med sadeltrycksmätare

Equilaterality in horse and rider – an experimental trial with saddle pressure measuring equipment

Maria Borgström

Självständigt arbete • 30 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Veterinärprogrammet
Uppsala 2021



Liksidighet hos häst och ryttare – en experimentell studie med sadeltrycksmätare

Equilaterality in horse and rider – an experimental trial with saddle pressure measuring equipment

Maria Borgström

Handledare:	Professor Agneta Egenvall, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för kliniska vetenskaper
Bitr. handledare:	Dr Anna Byström, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi
Examinator:	Dr Elin Hernlund, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi
Omfattning:	30 hp
Nivå och fördjupning:	Avancerad nivå, A2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i veterinärmedicin
Kurskod:	EX0869
Program/utbildning:	Veterinärprogrammet
Kursansvarig inst.:	Institutionen för kliniska vetenskaper
Utgivningsort:	Uppsala
Utgivningsår:	2021
Nyckelord:	liksidighet, lateralitet, sadeltrycksmätning, ridning, dressyr, programridning, symmetri, asymmetri

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för kliniska vetenskaper

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Mer information om publicering och arkivering går att hitta här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

Liksidighet hos ridhästar anses vara en förutsättning för hög ridbarhet. Med liksidighet menas att hästen har lika lätt att utföra rörelser åt både vänster och höger. Syftet med denna studie var att undersöka om sadeltrycksmätning vid ridning kan användas för att studera liksidighet.

Data från ett experiment med 51 ekipage där professionella dressyryttare red dressyrhästar användes. Ryttarna red ett standardiserat dressyrprogram. Data för momenten öppna, volt och sluta, ridna symmetriskt i båda varven, plockades ut. En sadeltrycksmätare användes. Tidpunkten för varje moment togs ut med hjälp av videofilmer som jämfördes med data från sadeltrycksmätningen vid samma tidpunkt. Medeltrycket på vänster- respektive höger sida av sadeltrycksmätaren extraherades. Data från vänster och höger varv jämfördes med hjälp av parade t-tester med tvåsidig fördelning. Skillnader mellan vänster och höger sidas tryckfördelning studerades under momenten öppna, volt och sluta. Tekniska problem med sadeltrycksmätaren gav bortfall liksom ej utförda moment och för korta moment. Endast 51 av 100 ekipage hade komplett sadeltrycksdata i kombination med kompletta videofilmer.

Signifikant skillnad i sadeltrycksfördelning under sadeln noterades mellan momenten öppna, volt och sluta i vänster och höger varv. Resultatet visar att mätmetoden kan användas för att påvisa asymmetrier i ridning. En variation inom gruppen förelåg med medelvärden som visade på att kraften var högre på höger sida mot tryckmattan än på vänster i samtliga moment. Detta indikerar att sadeltrycksmätare kan användas till kliniska utredningar, men validering av instrumentet behövs.

Nyckelord: liksidighet, lateralitet, sadeltrycksmätning, ridning, dressyr, programridning, symmetri, asymmetri

Abstract

Equilaterality is considered a pre-condition for a horse to be easily ridden. The expression includes that the horse can perform movements with the same ease on both the left and the right rein. The aim of this study was to investigate whether saddle pressure measurement during riding can be used to evaluate equilaterality.

Data from an experiment of 51 equipages where professional dressage riders rode dressage horses, were used. The riders rode a standardized dressage program. Data from the movements shoulder in, volte and haunches in performed symmetrically on both reins were extracted. Saddle pressure measurement equipment was used. The time for each movement was extracted by using the video movies taken and comparing them to the saddle pressure measurement data. The pressure data on the left rein and right rein was compared and evaluated with the two-sided paired t-test. Differences between the left and the right side of the saddle mat were evaluated during the movements shoulder in, volte and haunches in. Technical problems with the saddle pressure measurement equipment, not performed movements and too short performance times gave a loss of data. Only 51 of 100 equipages had complete saddle pressure measurement data in combination with video movie data.

A significant difference in saddle pressure distribution was detected between the movements shoulder in, volte and haunches in performed on the left and right rein. The result show that the method can be used to show asymmetries in riding. There was a variation within the group with mean values that showed a higher force on the right side of the saddle pressure mat than on the left side in all movements. This indicates that saddle pressure measurement equipment can be used in clinical examinations, but validation of the equipment is needed.

Keywords: equilaterality, laterality, saddle pressure measurement, riding, dressage, program riding, symmetry, asymmetry

Förord

Denna uppsats avläggs som ett examensarbete omfattande 30 högskolepoäng, vilket fullbordar fem och ett halvt års heltidsstudier på Veterinärprogrammet i Uppsala, Sverige. Ett varmt tack ska riktas till professor Agneta Egenvall och doktor Anna Byström för deras genuina engagemang under handledningen och breda kunskaper i ridningens fysiologiska- och biomekaniska förutsättningar. Tack även till deltagare i studien, ryttare, hästar och hästägare som ställt upp med sin tid och utgjort underlag för studien.

Innehållsförteckning

1. Inledning	11
1.1. Bakgrund	11
1.2. Litteraturoversikt	12
1.2.1. Metod och material vid litteraturgenomgång	12
1.2.2. Mätssystem och sadlar	13
1.2.3. Ryttarens inverkan	14
1.2.4. Påverkan på hästens rörelser	15
2. Material och metoder	16
2.1. Genomförande av experimentet	16
2.1.1. Deltagare	16
2.1.2. Design	16
2.1.3. Mätutrustning	18
2.1.4. Datainsamling och hantering	18
2.1.5. Statistiska analyser	19
3. Resultat	20
3.1. Riden tid.....	20
3.2. Kraftfördelning på gruppnivå	22
3.3. Kraftfördelning på individnivå	24
4. Diskussion	26
Referenser	29
Tack	33
Populärvetenskaplig sammanfattning	34
Bilaga 1	36
Bilaga 2	45

1. Inledning

Liksidighet och lika hög ridbarhet i båda varven eftersträvas vid ridning (Kristoffersson *et al.* 2003a). Tryckmätningar mellan sadel, ryttare och häst har gjorts experimentellt på rakt spår samt vid sidwärtsrörelser (Cocq *et al.* 2010; Latif *et al.* 2010; Gunst *et al.* 2019; Murray *et al.* 2019). Men inga studier finns publicerade som undersöker liksidighet genom mätning av sadeltryck vid ridning på böjda spår och i sidwärtsrörelser. Syftet med denna experimentella pilotstudie var övergripande att undersöka om tekniken kan användas för att studera liksidighet vid ridning av ett dressyrprogram. De tre frågeställningarna var: Förekommer skillnader i belastning mellan sadeln och hästen på vänster och höger sida vid ridning i trav under rörelserna sluta, volt och öppna? Hur varierar sidoskillnaderna för vänster och höger sida mellan ridning i trav i vänster och höger varv? Är ryttare symmetriska i sin belastning mellan vänster och höger varv?

1.1. Bakgrund

På böjt spår innebär liksidighet att hästen är lika ridbar i båda varven. På rakt spår innebär liksidighet är att den påskjutande kraften från bakbenen är lika stor på båda sidor och skjuter hästen jämnt framåt (Kristoffersson *et al.* 2003a). Vid tävling bedöms sidighet hos dressyrekipage på flera sätt under en ritt. Några exempel är skritt, ryggnig, piaff och passage. I skritten önskas en samsidig och taktfast gång där hovarnas isättningar kommer med regelbundna intervall. Under momentet ryggnig innebär liksidighet att varje sidas fram- och bakhovar går på samma linje. Vid uppvisande av rörelserna piaff och passage anses det vara ett allvarligt fel om den ena sidans benpar trycker ifrån kraftigare än det andra eftersom det ger upphov till en svängande fram- eller bakdel (Svenska ridsportförbundet 2019).

Asymmetrier mellan höger och vänster sida har noterats hos föl och unghästar genom att observera deras förmåga att följa ett böjt spår i trav samt genom att studera deras kroppskonstitution (Lucidi *et al.* 2013; Van Heel *et al.* 2010). Experiment har visat att detta följer hästarna upp i vuxen ålder samt förekommer både med och utan ryttare (Byström *et al.* 2019; Egenvall *et al.* 2020). En asymmetrisk belastning på hästen från ryttaren har i försök visats kunna påverka rörelsemekaniken i hästens

bröstrygg (MacKechnie-Guire *et al.* 2020). Indikationer finns på att förklaringen till naturligt förekommande asymmetrier kan tillskrivas den centralnervösa utvecklingen (Halpern 2005; Aizawa 2013).

Dressyrörelserna öppna och sluta räknas båda som sidvärtsrörelser. De rids på tre respektive fyra spår. Volter rids på böjda och dubbla spår, med det yttre benparet på det ena spåret och det inre benparet på det andra spåret. Ryttarens skänklar verkar drivande, flyttande böjande eller mothållande. Med sin vikt kan ryttaren understödja den inre skänkeln, se Tabell 1 (Kristoffersson *et al.* 2003a; b; Svenska ridsportförbundet 2019).

Tabell 1. Beskrivning av rörelserna sluta, volt och öppna

Rörelse	Antal spår	Ryttarens vikt	Ryttarens hjälper
Sluta	4	Inre sittben	Innerskänkel verkar böjande. Ytterskänkel flyttar sidwärts.
Volt	2	Inre sittben	Innerskänkel verkar drivande och böjande. Ytterskänkel verkar mothållande.
Öppna	3	Inre sittben	Innerskänkel verkar drivande och flyttande. Ytterskänkel verkar mothållande.

1.2. Litteraturöversikt

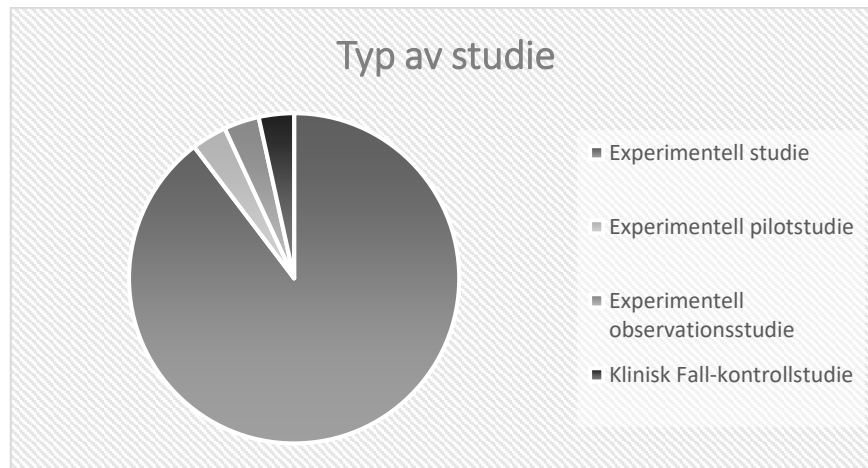
1.2.1. Metod och material vid litteraturgenomgång

En sökning i PubMed den 10 juni 2020 med sökfraserna 'saddle' AND 'pressure' AND 'horse' gav 52 träffar och 29 artiklar att studera. Inklusionskriterier definierades: krav på att sadeltrycksmätning utförts, samt att mätningar var gjorda med ryttare. Exklusionskriterier beslutades till: att ryttare var diagnostiserad med nedsatt muskeltonus eller att artikeln var en resumé eller review-artikel. Ytterligare en artikel som var återkommande refererad till lades till listan, vilket gav totalantalet 30 artiklar.

Studierna klassificerades enligt GRADE-systemet, Grading of Recommendations Assessment, Development, and Evolution (Guyatt *et al.* 2011). Då deltagarna utfört moment efter instruktion eller ridit en eller flera hästar som de vanligen inte brukade rida ($n=29$) klassificerades det som en experimentell studie. Då deltagarna var patienter som sökt för problem och det fanns en kontrollgrupp ($n=1$) klassificerades det som en fall-kontrollstudie. Studier i form av experimentella studier gavs enligt GRADE-systemet kvaliteten låg evidens. Medan fall-kontrollstudien fick kvaliteten moderat evidens. Dock sjönk fall-kontrollstudiens kvalitet på grund av en

ojämn fördelning mellan grupperna och brist på randomisering vid uttag av kontroller och inkluderade patienter. Fördelningen mellan olika typer av inkluderade studier ses i Figur, 1.

Studierna av sadeltrycksmätningar utgör en heterogen grupp, se Tabell 2, med stor variation i deltagarantal och få studier som undersökt ridning i dressyrsadel, studier av sidvärtsrörelse eller ridning på böjt spår.



Figur 1. Fördelning av studiedesign för de 30 inkluderade artiklar i litteraturstudien, klassificerat efter studiernas upplägg.

Tabell 2. Sammanställning de 30 inkluderade artiklarna i litteraturstudien, för mätningar av trycket mellan häst och sadel. *Halt, öppna och sluta

Studieupplägg	n	Medeltal/ studie	SD
Antal hästar totalt	355	11,8	15,2
Antal ryttare totalt	297	9,9	16,3
Antal ekipage totalt	459	15,3	16,2
Antal studier med dressyrsadel	19	-	-
Antal studier med dressyrrörelse*	2	-	-
Antal studier på böjt spår	3	-	-
Antal studier utan definierat spår	7	-	-

1.2.2. Mätssystem och sadlar

Mätssystemen Force Sensing Array (FSA), Vision Engineering Research Groups system (VERG), Conformat® och Pliance® Saddle System har utvärderats och validerats i flera olika experimentella studier (Jeffcott *et al.* 1999; de Cocq *et al.* 2006, 2009; Flores *et al.* 2015).

Ridning utan sadel visade sig i experiment vara associerat med så hög tryckkoncentration på hästens långa ryggmuskulatur som ligger mellan huden och transversalutskotten från ryttarens sittbensknölar att det ansågs kunna riskera tryckskador

(Clayton *et al.* 2013). Sadlar med bom undersöktes i tre separata experiment med det enhetliga resultatet att de kunde jämnas ut trycket signifikant bättre än sadlar utan bom (Latif *et al.* 2010; Belock *et al.* 2012; Clayton *et al.* 2014). För smal bom tenderar att förskjuta trycket bakåt och för bred bom verkar kunna flytta trycket framåt (MacKechnie-Guire *et al.* 2019). Löpsadlar med och utan bom visade sig ge tryck i främre- och bakre del, som ett resultat av sadlarnas utformning (Latif *et al.* 2010; Geser-von Peinen *et al.* 2013; Murray *et al.* 2019).

I ett experiment av Meschan *et al.* (2007) var mönstret att sadlar med lägre medeltryck hade färre toppar av högre tryck i skritt och trav. En väl anpassad sadel kan vara att föredra framför system med kompletterande polstring mellan häst och sadel (Kotschwar *et al.* 2010b). Det enda materialet som har påvisats kunna jämnas ut trycket under sadeln är renskinn och då under en välanpassad sadel (Kotschwar *et al.* 2010a). Ullstopning verkar ge bättre tryckutjämning än skumfyllning (Byström *et al.* 2010). Traditionellt ursprung av sadelgjordsstropparna verkar vara bättre än V-formade ursprung (*a.a.*).

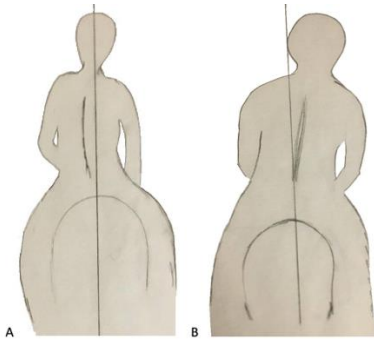
Islandshästsadlar av olika typer och dressyrsadlar har tidigare ansetts ge olika tryckmönster, men skiljde sig inte signifikant åt i fråga om kaudal belastning vid utvärdering (Ramseier *et al.* 2013). I en studie av Winkelmayr *et al.* (2006) visades att damsadlar ger upphov till ett mer ojämnt och asymmetriskt tryck än konventionella symmetriska sadlar. Ridning i damsadel kan därmed hämma ländryggens rörelser i skritt, mankens rörelser i medianplanet i trav och dess transversala rörelse i galopp (*a.a.*).

1.2.3. Ryttarens inverkan

På experimentell nivå har det visats att total kraft och maxtryck vid uppsittning från marken är signifikant högre än vid uppsittning från en upphöjning (Geutjens *et al.* 2008). Mjukt underlag och ökad hastighet i gångarten skritt ökade i en annan studie ryttarens rörelser i sadeln och gav därmed tryck över en större del av hästens rygg, dock utan att hastigheten på ryttarens rörelser påverkades (Flores *et al.* 2015). Peham *et al.* (2010) drog slutsatsen att nedsittning i trav ger den högsta totalbelastningen på hästens rygg vid jämförelser av ryttarens position i trav under nedsittning, trav under lätttridning eller trav med ryttaren i tvåpunktsits.

Genom en kortare träningsserie för nybörjare visade Janura *et al.* (2009) att ryttare kommer ner mer i sadeln, så att maxtrycket i ökar, med stigande vana att rida. Hästen påverkas av hur ryttarens bäckenposition och överliv förhåller sig till varandra, se Figur 2. Om ryttaren böjer sig åt sidan samtidigt som bäckenet tippas åt motsatt sida så ger det ett ökat tryck på den kontralaterala sidan. Men om ryttaren böjer sig åt sidan och tippas bäckenet åt samma sida ger det ett ökat tryck på den ipsilaterala sidan (Gunst *et al.* 2019).

Indikationer finns på att en sadel utan kåpor förbättrar ryttarens stabilitet signifikant. Den ökade stadgan i ryttarens sits har framförallt setts i mediolateral riktning. Men ryttarens stabilitet är relevant även i anterioposterior riktning. Förklaringen ligger sannolikt i att ryttarens kontrollen över belastningscentrum blir bättre (Clayton *et al.* 2018). Vid mätning av medeltrycket i sidwärtsrörelser och vid ridning på rakt spår påvisades att medeltrycket vara högre under sidwärtsrörelser än vid ridning på rakt spår, med en stor variation mellan ryttarna (Cocq *et al.* 2010).



Figur 2. De vertikala strecken visar hästens mittlinje i sagittalplanet. Ryttare A böjer kroppen till höger så kraften hamnar på kontralaterala sidan. Ryttare B lutar sig åt höger med sänkt bäcken på samma sida så kraften hamnar på den ipsilaterala sidan.

1.2.4. Påverkan på hästens rörelser

Experiment har visat att belastningen på hästens rygg från sadeln kan minskas av en ryttare med stabil sits (Fruehwirth *et al.* 2004). Signifikant högre maximalt generell tryck kunde uppmätas under sadeln utan ryttare än med. Vilket tyder på att en ryttare kan stabilisera sadeln (*a.a.*). Vidare har Martin *et al.* (2016) visat att kraften från ryttaren under lätt ridning ökar under nedsittningsfasen. Detta leder till en hämning av rörelserna i hästens bröstrygg och i övergången från bröst- till ländrygg (*a.a.*).

Mätningar av sadelns rörelse i sidled har visat att ryttaren har inverkan på den laterala rörelsen av sadeln samt att ryttarens laterala rörelse är starkt kopplad till hästens (Byström *et al.* 2018). Det gick dock inte att fastställa om den laterala förskjutningen av sadeln kom från hästens- eller ryttarens rörelser (*a.a.*). Genom att mäta sadeltrycket har påvisats att både ryttarens vertikala rörelser, men även hästens muskelaktivitet vid lateralflektion och axial rotation påverkar den totala kraften under olika delar av sadeln (von Peinen *et al.* 2009). Det maximala trycket kunde i en studie utförd i skritt uppmätas till att vara högre vid isättning av hästens bakben än vid isättning av hästens framben (Janura *et al.* 2009). Den enda fall-kontrollstudien visade att hästar med kliniska problem från sadeln hade signifikant högre maxtryck än kliniskt friska kontrollhästar (von Peinen *et al.* 2010).

2. Material och metoder

2.1. Genomförande av experimentet

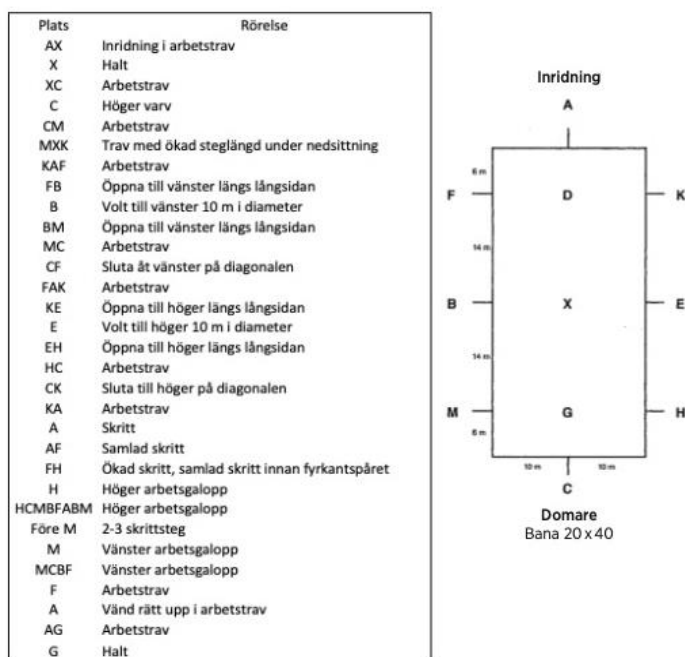
I denna studie användes data från ett större experiment som utfördes i Danmark år 2013, vars övergripande syfte var att undersöka dressyrhästars välfärd.

2.1.1. Deltagare

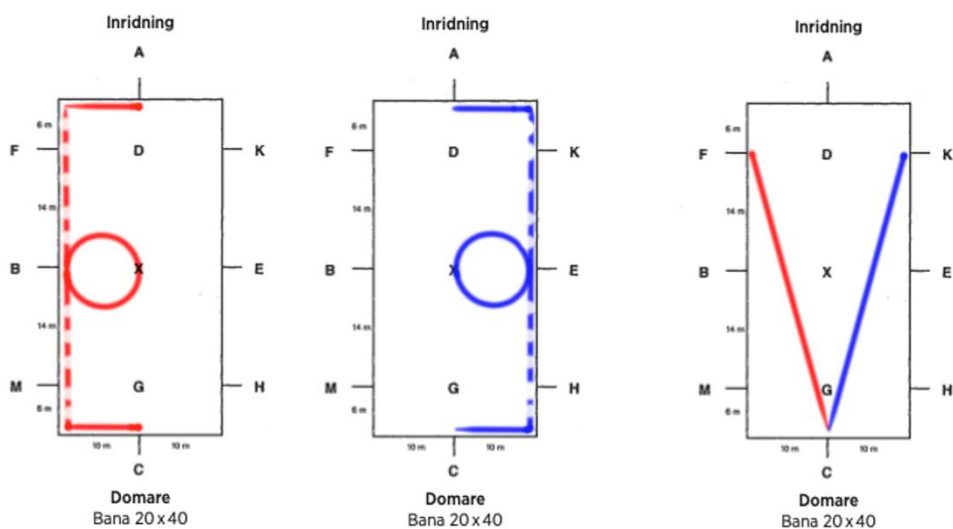
Forskningspersoner söktes med inklusionskriterium att de var professionella dressyryttare. Tio ryttare valdes ut med målsättningen att få en så homogen grupp som möjligt. Deltagandet var frivilligt. Ryttarnas åldrar: 29 - 45 (medel: $39,3 \pm \text{SD: } 1,6$) år, vikt: 53 – 70 (medel: $63,7 \pm \text{SD: } 1,9$) kg och samtliga var kvinnor. Till försöket användes elva privatägda dressyrhästar, varav två var ponnyer. De var alla utbildade till minst medium (nivå M) enligt tyska ridsportförbundets graderingsskala. Hästarna var utrustade med individuellt utprovade dressyrsadlar, tränas med tränsbett (nio av tio) eller kandar (en av tio) samt eventuella benskydd. De var alla vana vid miljön sedan tidigare då de antingen bodde eller tränades regelbundet på anläggningen. Hästarnas åldrar: 6 – 13 (medel: $9,0 \pm \text{SD: } 0,8$) år, fyra var ston och sju var valacker. Före ritten fick varje ekipage sex minuter att värma upp. Varje häst fullföljde maximalt två program per dag och ryttarna deltog i försöket en dag var.

2.1.2. Design

Ett standardiserat dressyrprogram reds, se Figur 3, på en inomhusridbana med fibersand avdelad till storleken 20 x 30 meter. Registrerat sadeltryck från momenten öppna, sluta och volt analyserades. Den delen av programmet var symmetrisk, med identiska rörelser i först vänster och sedan höger varv, se Figur 4. På kortsidan vid bokstaven A satt en asymmetriskt placerad spegel. Ryttarna kunde se sig själva i spegeln under momentet sluta åt vänster på diagonalen men ej under sluta åt höger på diagonalen.



Figur 3. Ridprogram med ridbaneskiss. Där plats indikerar mellan vilka bokstäver på ridbanan varje rörelse skulle utföras.



Figur 4. Ridvägar utritade med öppna längs långsidorna, volt mitt på långsidorna och sluta på diagonalerna. Först reds programmet i vänster varv (röd färg) och därefter i höger varv (blå färg).

2.1.3. Mätutrustning

Mätning av sadeltryck utfördes med tryckmatta. Mattan bestod av två identiska delar, en vänster och en höger matthalva. Varje matthalva hade 220 mätpunkter. Mattan var av märket Medilogic® (www.medilogic.com). Mätfrekvensen uppgick till 50 Hz, vilket motsvarar 50 registreringar per sekund. Samtliga ritter filmades med videokamera som var placerad vid markering för Domare vid bokstaven C. Utrustningen nollställdes med sadel på efter att sadelgjorden dragits åt. Mätningar för uppvärmningen och ridningen av programmet registrerades separat. Ekipagen hade ytterligare mätutrustning som samlade in data, vilken inte analyseras i denna studien. Samtliga ritter filmades med videokamera som var placerad vid markering för Domare vid bokstaven C i Figur 3.

2.1.4. Datainsamling och hantering

Samtliga videofilmer studerades. Ett schema med start- och stopptider under ridningen av programmet upprättades för varje ekipage. Dessa start- och stopptider inkluderade momenten Öppna 1 V, Volt 1 V, Öppna 2 V, Sluta 1 V, Öppna 3 H, Volt 2 H, Öppna 4 H, Sluta 2 H samt tider för fasta hållpunkter som halter och avsakningar, som var identifierbara i data för sadeltryck. Kategorier för internt bortfall var: olydnad; moment som ej genomfördes; ekipage som utförde moment i annan gångart än trav; inkomplett videoinspelade moment.

Synkronisering av sadeltrycksmätningar och videotider utfördes för varje ekipage med kompletta data. Detta gjordes genom att den grafiska bilden av tryckförändringar på vänster och höger sida jämfördes med de fasta hållpunkterna från videofilmerna. Den grafiska bilden togs fram i programmet MatLab®. Via synkroniseringen kunde videotiden räknas om till motsvarande registrering i sadeltryckdatafilerna. För att med stor säkerhet veta att de datasekvenser ur sadeltrycksmätningen som valdes ut tillhörde rätt rörelse användes en säkerhetsmarginal på 0,5 sekunder. Det vill säga sadeltrycksdata användes med start 0,5 sekunder efter rörelsens inledning till 0,5 sekunder innan rörelsens avslut baserat på tidpunkten för den dokumenterade rörelsen enligt videofilmen. Detta kompletterade schemat med start- och stopptider för de relevanta segmenten ur sadeltrycksfilerna för varje moment och ekipage.

Värden med sadeltryck ur rådata räknades om till Newton (N) enligt formeln $(\text{Summa R}/(255/8) \times 10) \times 0.034 \times 0.0355 \times 220$ per sida av mattan, vilken erhöles efter mailkorrespondens med tillverkaren. Summa R är rådatavärdets medelsumma per registrering och matthalva. Som sedan dividerats med bitsekvensen för mätningen på värden från noll till 255 med åtta positioner (2^8) för möjliga kombinationer gånger tio. Kvoten för Summa R och bitsekvensen har därefter delats på ytan för varje sensor som var $0,034 \times 0,0355 \text{ cm}^2$ och 220 stycken per sida.

Medelsumman och standardavvikelser för den registrerade kraften i N per tryckmattshalva per registrering och övning sammanställdes för varje ryttare, häst samt medelvärden för samtliga ekipage - här kallat medelekipaget. Medeldifferens i kraft mellan vänster och höger sida av tryckmattan samt summan i kraft vänster och höger varv är uträknad per ryttare och per häst samt för medelekipaget. Först har medelkraften på höger sida av tryckmattan subtraherats från medelkraften på vänster sida av tryckmattan. Därefter har vänster och höger varvs medelvärden i N summerats. Vilket jämnar ut skillnader av positiva och negativa värden genom att de tar ut varandra vid symmetriska tryck i vänster och höger varv. Samtidigt som det påvisar asymmetrier mellan vänster och höger varv. Beräkningar och statistiska analyser utfördes i Excel.

2.1.5. Statistiska analyser

Jämförelser och statistiska analyser med 2-sidigt, parat t-test utfördes för:

- Riden tid per moment för samtliga 79 ekipage i vänster jämfört med höger varv.
- Riden tid per moment separat för de 51 ekipage med sadeltrycksdata i vänster jämfört med höger varv.
- Den statistiska skillnaden i medelkraft per registrering på vänster jämfört med höger sida beräknades för varje enskilt moment. För denna beräkning är momenten Öppna 1 V och Öppna 2 V är sammanslagna till Öppna V liksom momenten Öppna 3 H och Öppna 4 H är sammanslagna till Öppna H.
- Differensen i medelkraft mellan vänster och höger sida av tryckmattan jämfördes mellan vänster och höger varv per övning (t.ex. Öppna).
- Differensen i medelkraft mellan vänster och höger sida av tryckmattan (enligt ovan summerat) samt mellan vänster och höger varv jämfördes med ett noll-värde. Detta gjordes för att utvärdera kraftskillnader mellan varven jämfört med om momenten hade utförts i jämnvikt/spegelvänd symmetri.

T-testerna ignorerade att samma häst och ryttare förekommer flera gånger i de parade värden som respektive t-test baserades på. Därför utfördes en uppföljande kontroll med en mixad modell. Den inkluderar häst och ryttare som slumpfaktorer och korrigerar därigenom för att samma individ förekommer flera gånger i analysen. I modellen jämförs den uppmätta kraften på vänster respektive höger matthalva i varje moment. Analysen av mixade modeller utfördes i SAS®.

3. Resultat

3.1. Riden tid

En häst hade svårt att tolerera utrustningen och byttes ut av säkerhetsskäl, ingen data från den hästen användes. Ett ekipage fick utöka uppvärmningen två minuter då hästen var stressad vid tidpunkten för start. Internt bortfall bestod av; sex ekipage för Sluta V och Sluta H där momentet utfördes som skänkelvikning; ett ekipage för Öppna 4 H där inget moment utfördes; Sluta H för två ekipage då videofilmen var inkomplett. Statistiska beräkningar bifogas i sin helhet, se Bilaga 1.

Mätningar för sadeltryck återfanns för 51 ekipage, se Tabell 3. Internt bortfall bestod av; data för sadeltryck föll bort för 40 ekipage på grund av tekniskt fel vid tryckmätningen, två ekipage där videofilmerna var inkompleta; två ekipage saknade sadeltrycksdata för höger sida; fem ekipage saknade något av varven för momenten Sluta V och Sluta H; ett ekipage saknade momentet Öppna 4 H; i två mätningar av Öppna 1 V överlappade säkerhetsmarginalen (1 sekund) den ridna tiden för momentet.

Tabell 3. Översikt fördelning av ekipage med film och sadeltrycksdata. Där F= film fanns, X= sadeltrycksdata fanns, -= utgick och (F)= film fanns men var klippt

Ryttare Häst	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	F/X	F/X	F/X	F/X	F	F			F/X	F/X
2	F/X	F/X	F/X	F/X	F	F	F	F	F/X	F/X
3	/X	F/X	F/X	F/X	F	F			F/X	F/X
4	F/X	F/X	F/X	F/X	F	F	F	F	F/X	F/X
5	F/X	F/X	F/X	F/X	F	F			F/X	F/X
6	F	F/X	F/X	F/X	F	F			F/X	F/X
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	F/X	F/X	F/X	F/X	F	F			F/X	F/X
9	F/X	F/	F/X	F/X	F	F			F/X	F/X
10	(F)/X	F/X	F/X	(F)/X	F	F			F/X	F/X
11					F	F			F/X	F/X

Riden tid per moment för samtliga 79 ekipage påvisade ingen skillnad i utförandet i Öppna 1 V mot Öppna 3 H, Öppna 1+2 V mot Öppna 3+4 H eller Volt V mot Volt H. Signifikant sidoskillnad i riden tid noterades för Öppna 2 V jämfört med Öppna 4 H samt för momenten Sluta V jämfört med Sluta H, se Tabell 4.

Tabell 4. Tid per moment i sekunder för samtliga 79 ekipage. Statistiska jämförelser på spegelvända moment till vänster (V) och höger (H) där *= Signifikant sidoskillnad på $p < 0,05$ och **= Signifikant sidoskillnad på $p < 0,02$

Moment	<i>n</i>	Medeltid (sek)	Min-max (sek)	Sd	<i>p</i>
Öppna 1 V	79	3,2	1- 7	1,1	0,06
Öppna 3 H	79	3,4	1- 6	1,2	
Öppna 2 V	78	4,0	1- 7	1,1	0,003**
Öppna 4 H	78	3,6	1- 7	1,1	
Volt V	79	8,5	6- 11	0,9	1,00
Volt H	79	8,5	6- 13	1,1	
Sluta 1 V	70	6,3	1- 11	1,6	0,02*
Sluta 2 H	70	5,8	2- 8	1,4	
Öppna 1+2 V	79	7,2	4- 13	1,7	0,23
Öppna 3+4 H	79	7,0	1- 12	1,8	

Riden tid per moment för de 51 ekipage med sadeltrycksdata påvisade ingen sidoskillnad i Öppna 1 V mot Öppna 3 H, Öppna 1+2 V mot Öppna 3+4 H eller Volt V mot Volt H. Signifikant sidoskillnad noterades i riden tid för Öppna 2 V jämfört med Öppna 4 H samt för momenten Sluta V jämfört med Sluta H, se Tabell 5.

Tabell 5. Tid per moment i sekunder för de 51 ekipage med komplett sadeltrycksdata. Jämförelser på moment i vänster och höger varv där *= Signifikant sidoskillnad på $p < 0,05$ och **= Signifikant sidoskillnad på $p < 0,02$

Moment	<i>n</i>	Medeltid (sek)	Min-max (sek)	Sd	<i>p</i>
Öppna 1 V	51	2,9	1- 5	0,9	0,3
Öppna 3 H	51	3,1	1- 5	1,0	
Öppna 2 V	51	4,0	2- 7	1,1	0,012**
Öppna 4 H	51	3,6	1- 6	1,0	
Volt V	51	8,5	6- 11	1,0	0,7
Volt H	51	8,5	6- 13	1,1	
Sluta 1 V	46	6,0	2- 11	1,5	0,044*
Sluta 2 H	46	5,5	2- 8	1,3	
Öppna 1+2 V	51	7,0	4- 10	1,5	0,2
Öppna 3+4 H	51	6,6	3- 10	1,4	

3.2. Kraftfördelning på gruppnivå

Signifikanta skillnader för differensen mellan medelkraft för höger och vänster matthalva kunde påvisas för momenten Öppna V, Volt H och Sluta H, se Tabell 6. I samtliga tre fall av signifikant sidoskillnad i medelkraft var kraften markant högre för höger matthalva.

Tabell 6. Jämförelser i medelkraft (N) per registrering på vänster (v) och höger (h) sida. Differensen presenteras i % av det totala trycket där ett positivt värde innebär högre tryck på vänster sida och ett negativt värde innebär ett högre tryck på höger sida. *= Signifikant sidoskillnad för $p < 0,05$. **=Signifikant sidoskillnad för $p < 0,02$

Moment	n	Medelkraft v (N)	Medelkraft h (N)	v-h (%)	p
Öppna V	50	321,7	342,2	-3,1 %	<0,001**
Öppna H	51	306,4	300,2	0,01 %	0,2
Volt V	50	297,8	299,8	-0,3 %	0,5
Volt H	51	288,8	307,1	-3,1 %	<0,001**
Sluta V	45	304,8	308,5	-0,6 %	0,2
Sluta H	46	292,3	313,1	-3,4 %	<0,001**

Sidoskillnaderna i kraft för vänster och höger sidas matthalva mellan ridning i vänster och höger varv beräknades på gruppnivå. Detta genom att jämföra medelvärden för differenser i kraften mellan vänster och höger sida av tryckmattan. Den differensen jämfördes sedan för de symmetriskt ridna momenten i vänster respektive höger varv. Resultatet visar att medeltrycket har skiljt sig signifikant åt i samtliga moment mellan vänster och höger varv, se Tabell 7.

Tabell 7. Jämförelser av medelkraftsdifferens (N) mellan vänster och höger matthalva per moment i Vänster (V) och Höger (H) varv. Signifikant skillnad påvisar skillnad i lateralt tryck per moment i de olika varven. *= Signifikans för $p < 0,05$. **=Signifikans för $p < 0,02$

Moment	n	Medelkraftsdifferensen (N)	Sd	p
Öppna V	50	-20,5	4,3 %	<0,001**
Öppna H	50	6,8	5,1 %	
Volt V	50	-2,0	3,8 %	<0,001**
Volt H	50	-18,1	3,6 %	
Sluta V	45	-3,7	3,4 %	<0,001**
Sluta H	45	-20,0	4,3 %	

För att se om skillnaden i differenser mellan krafterna under sadeln i vänster och höger varv skiljer sig signifikant så har medeldifferensen i kraft studerats ytterligare. Detta genom att jämföra differensen i tryck mellan vänster och höger sida summerad mellan vänster och höger varv mot ett jämviktsvärde (0 N) per moment. Jämviktsvärdet representerar det förhållande som skulle råda om kraften på vänster

och höger sida hade varit jämnt fördelade/ spegelvänd mellan vänster och höger varv. I de fall när kraften varit högre på vänster sida av tryckmattan ger subtraktionen vänster minus höger ett positivt värde. I fall ryttaren suttit övervägande till vänster i både vänster och höger varv ger också summan mellan vänster och höger varv ett positivt värde. Liksom det i de fall där kraften varit högre på höger sida resulterar i ett negativt värde efter subtraktion av höger kraftdata från vänster kraftdata. I fall där ryttaren suttit övervägande till höger i både vänster och höger varv ger det ett negativt värde vid summering kraftdata i vänster och höger varv. Resultatet visar att kraften i rörelsen Öppna inte skiljde sig signifikant från mellan varven. Summa av medeldifferensen i kraft per registrering har skiljt sig signifikant från noll i momenten Volt och Sluta, där trycket varit högre på höger sida i båda fallen, se Tabell 8.

Tabell 8. Differens i kraften mellan vänster (V) och höger (H) sida summerad mellan vänster och höger varv per moment jämfört mot 0-värden. Där differensen i medelkraft i vänster och höger varv summerats. *= Signifikans för $p < 0,05$. **=Signifikans för $p < 0,02$

Moment	n	Skillnad i medelkraftdifferens v+h (N)	Sd	p
Öppna V+H	50	-13,8	605,6	0,06
Volt V+H	50	-20,1	479,1	<0,001**
Sluta V+H	45	-23,7	463,8	<0,001**

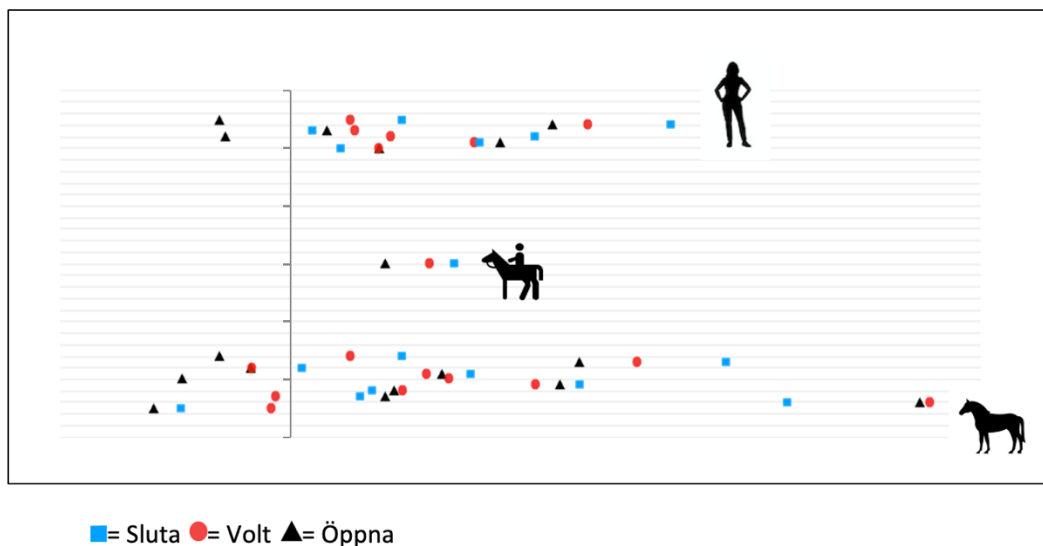
Mixade modeller där den beroende variabeln var medeldifferenser i tryck mellan vänster och höger sida av tryckmattan per registrering av sadeltryck och de ingående förklarande variablerna var övning och varv (vänster/ höger) stödjer föregående redovisade resultat. Modellen jämför mellan vänster och höger sida per moment i respektive vänster och höger varv, se Tabell 9. Den statistiska beräkningen baserades på minsta kvadratmetoden och utfördes i SAS®. De mätvärden som mixades var värden för ryttare, hästar, moment och varv. För kompletta uträkningar se Bilaga 2 sid. 49 - 50.

Tabell 9. Utdrag ur den statistisk analysen med mixade modeller. Redovisas i Newton (N) för momenten öppna, volt och sluta. *= Signifikans för $p < 0,05$. **=Signifikans för $p < 0,02$

Moment	Uppskattat medelvärde (N)	Medelfel (N)	t-värde	P-värde
Öppna	-27,3	3,2	-8,45	<0,0001**
Volt	16,1	3,2	4,97	<0,0001**
Sluta	16,2	3,4	4,77	<0,0001**

3.3. Kraftfördelning på individnivå

En jämförelse per ryttare, häst och medelekipagets värden för differenser i sadeltryck mellan vänster och höger sida av tryckmattan summerat mellan vänster och höger varv sammanställdes för att illustrera spridningen av tryckfördelningen i materialet. Något som delvis kan svara på frågan i studiens syfte om ryttare är symmetriska i sin belastning mellan vänster och höger varv. Resultatet visar att majoriteten av ryttare och hästar har ett högre medeltryck på höger sida i samtliga rörelser, se Figur 5. Medeldifferenstrycket per medeldifferenstrycket per häst redovisas i Tabell 10. Medeldifferenstrycket per ryttare samt för medelekipaget med standardavvikelser redovisas i Tabell 11.



Figur 5. Medeldifferensen mellan vänster och höger sida av tryckmattan summerat mellan vänster och höger varv per häst och ryttare samt för medelekipaget, för respektive övning (Öppna, Volt, Sluta). Värden för ryttare ses överst i figuren, värden för medelekipaget ses i mitten av figuren och värden för hästarna ses längst ned i figuren. Den lodräta axeln indikerar jämviktsläget. Markeringar till vänster om den lodräta axeln visar värden där kraften på vänster sida av tryckmattan överstigit kraften på höger sida. Markeringar till höger om den lodräta axeln visar värden där kraften på höger sida av tryckmattan överstigit kraften på vänster sida.

Tabell 10. Medeldifferensen per häst i sadeltryck mellan vänster och höger sida av tryckmattan. Med uppdelning per moment och summerat mellan vänster och höger varv samt medelvärde för övningarna Öppna, Volt och Sluta. Ett positivt värde innebär ett högre medeltryck på vänster sida av matthalvan och ett negativt värde innebär ett högre medeltryck på höger sida av matthalvan

Häst	<i>n</i>	Öppna (Sd)	Volt (Sd)	Sluta (Sd)
1	6	-41,8 (32,9)	-50,2 (22,4)	-63,1 (24,4)
2	6	-14,9 (30,2)	-16,0 (26,5)	-11,8 (34,4)
3	5	-22,0 (12,4)	-19,5 (11,1)	-26,1 (11,4)
4	6	-39,1 (22,9)	-35,4 (12,4)	-41,9 (14,4)
5	6	10,3 (63,4)	-8,5 (48,2)	-16,2 (36,7)
6	5	5,7 (52,3)	5,8 (53,3)	-1,7 (57,3)
8	6	15,8 (92,6)	-22,7 (56,7)	-
9	5	-13,8 (33,6)	2,2 (42,0)	-10,1 (37,0)
10	4	19,8 (46,6)	3,0 (23,2)	16,0 (30,6)
11	2	-91,1 (4,6)	-92,5 (1,5)	-71,9 (16,3)

Tabell 11. Medeldifferensen per ryttare och medelekipage i sadeltryck mellan vänster och höger sida av tryckmattan. Med uppdelning per moment och summerat mellan vänster och höger varv samt medelvärde för övningarna Öppna, Volt och Sluta. Ett positivt värde innebär ett högre medeltryck på vänster sida av matthalvan och ett negativt värde innebär ett högre medeltryck på höger sida av matthalvan

Ryttare	<i>n</i>	Öppna (Sd)	Volt (Sd)	Sluta (Sd)
1	6	10,3 (63,4)	-8,5 (48,2)	-16,2 (36,7)
2	8	9,3 (75,7)	-14,5 (36,5)	-35,3 (18,0)
3	9	-38,0 (28,4)	-42,9 (22,1)	-55,0 (24,8)
4	8	-5,3 (43,2)	-9,3 (51,6)	-3,2 (44,2)
9	10	-12,8 (54,4)	-12,6 (50,5)	-7,2 (42,9)
10	10	-30,3 (30,5)	-26,6 (24,2)	-27,4 (33,0)
Medelekipaget	45-51	-13,8 (50,5)	-20,1 (39,9)	-23,7 (38,6)

4. Diskussion

Genomgång av litteraturen visar att studier med sadeltrycksdata med få undantag har utförts på experimentell nivå, vilket indikerar att resultaten ännu inte är överförbara att använda kliniskt (Guyatt *et al.* 2008). Den enda inkluderade fall-kontrollstudien kunde ändå styrka ett samband mellan kliniska besvär och signifikant högre maxtryck (von Peinen *et al.* 2010). Vetenskapligt stöd finns därmed i denna litteraturgenomgång och i liknande studier för rekommendationer om att ridning ska ske med en välanpassad sadel (Greve *et al.* 2015; MacKechnie-Guire *et al.* 2019). Gränsvärdet för där tryck kan ge upphov till vävnadsskada har inte uppmätts på häst. Tidigare studier på människa har ändå kunnat påvisa att blodflödet begränsas med hot om vävnadsskada uppstår när trycket överstiger 90 mmHg (Holloway *et al.* 1976). Vidare skulle sadeltrycksdata kunna jämföras med elektromyografisk aktivitet och muskulaturen undersökas med ultraljud för ökad förståelse av biomekaniken och hur muskulaturen svarar på belastning uppifrån (Greve & Dyson 2013).

Resultatet av riden tid visar att de 51 ekipagen med sadeltrycksdata är representativa för samtliga 79 ekipage som deltagit i experimentet. Rörelserna Öppna 2 och Öppna 4 har avseende tidsåtgången ridits asymmetriskt mellan varven, men sammanlagda tiden för Öppna V och Öppna H har ridits symmetriskt. Skillnaden i tid mellan Öppna 2 och Öppna 4 kan vara ett resultat av att ekipagen haft något svårt att återkomma till rörelsen öppna efter 10 meters volten. I momentet Sluta V och Sluta H är den ridna tiden signifikant längre för Sluta V. Det skulle kunna förklaras av den spegel som satt på kortsidan framför ryttarna. Vilken innebar ryttarna i momentet Sluta V kunde se och utvärdera sin ridväg under ritten, till skillnad från det spegelvända momentet Sluta H. Något som likväl kan ha påverkat utförandet.

Det övergripande syftet var att undersöka om tekniken att registrera sadelkraften kan användas för att studera liksidighet vid ridning. Tidigare publiceringar har inte utvärderat Medilogic® för sadeltrycksdata. Systemet är framförallt validerat för att mäta reaktionskrafter hos människa som ilägg i skor (Koch *et al.* 2016). Det anses reliabelt över tid och i aktivitet, men riskerar att ge falskt låga värden om en sensor når sin maxtryckgräns eller felvärden då skjuvkrafter inte alltid registreras korrekt (Nicolopoulos *et al.* 2000).

Den här studien har kunnat påvisa skillnader i belastningen mellan sadeln och hästen på vänster och höger sida. Signifikanta skillnader kunde uppmätas i samtliga moment Öppna, Volt och Sluta när värden i vänster och höger varv jämfördes. Däremot var sidoskillnaderna endast signifikanta för rörelserna Volt och Sluta, men inte i momentet Öppna, vid jämförelse med jämnviktsvärdet noll (0) som utgångsvärde. I de enskilda rörelserna påvisades samtidigt att sadeltrycket i Öppna V signifikant högre på höger än på vänster mellan sadeln och hästen. Ett förhållande som inte föreligger i det spegelvända momentet Öppna H. Därmed frångår majoriteten av ekipagen Ridhandbokens beskrivning att rörelsen öppna ska ridas med vikten på det inre sittbenet i Öppna V (Kristoffersson *et al.* 2003b). Samma mönster sågs i studien av Cocq *et al.* (2010) med en tendens till ökad belastning på ryttarens yttre sittben snarare än det inre i rörelsen öppna. Vilket av författarna diskuteras kunna vara en följd av att ryttarna kombinerar litteraturens beskrivning av rörelsen med intuitiv ridteknik.

Jämförelser av enskilda ryttares, enskilda hästars och medelekipagets kraftfördelning i varje moment visar på en stor spridning i gruppen. Det genomgående mönstret är att höger sida har en högre belastning än den vänstra. Obalansen i data, på grund av ett ojämnt bortfall av ekipage med sadeltryck, åtföljs av en bred varianskoefficienten som också indikerar en stor standardavvikelse. Analysen med mixade modellerna är utförd för att garantera ett korrekt statistiskt resultat där hänsyn tagits till upprepade mätningar på samma häst och ryttare. Denna metod kan även användas då interna bortfall föreligger eller data på andra sätt är obalanserade (Patterson 1946). Mätresultatet påvisar signifikanta sidoskillnader i ett symmetriskt ridet dresstyrprogram, även för övningen öppna.

Att använda data med sadeltryck har visat sig vara ett sätt att mäta asymmetrier och sidoskillnader hos häst- och ryttarekipage. Fördelarna i denna studien var att programmet var standardiserat och att deltagarna var vana dressyrryttare med samma förutsättningar då samtliga red för dem nya hästar. En svaghet är att videofilmen sällan visade ridningen i mittplan mot kameran. Något som försvårade utvärderingen av kvaliteten på genomförandet av varje moment. Det gick inte att bedöma hur många spår hästen reds på. För framtida försök kan sadeltrycksmätning mellan sadel och häst kompletteras med tryckmätningar mellan ryttare och sadel, rörelsemätning av ryttare i lateral riktning samt tygeltrycksmätningar.

Studien visar att asymmetrier i ridning på ridbana i vänster och varv förekommer framförallt i rörelserna ridning på 10 meters volt och sluta men delvis även i rörelsen öppna. Det har visats att oliksidighet kan mätas genom registrering av kraften mellan sadeln och hästen. Vid medicinska utredningar kan metoden sannolikt an-

vändas för att indikera snedbelastning för det enskilda ekipaget med kliniska besvär. För fortsatt forskning krävs att Medilogic® valideras som redskap och utvärderingsinstrument vid ridning.

Referenser

- Aizawa, H. (2013). Habenula and the asymmetric development of the vertebrate brain. *Anatomical Science International*, 88 (1), 1–9. <https://doi.org/10.1007/s12565-012-0158-6>
- Belock, B., Kaiser, L.J., Lavagnino, M. & Clayton, H.M. (2012). Comparison of pressure distribution under a conventional saddle and a treeless saddle at sitting trot. *The Veterinary Journal*, 193 (1), 87–91. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2011.11.017>
- Byström, A., Clayton, H.M., Hernlund, E., Roepstorff, L., Rhodin, M., Bragança, F.S., Engell, M.T., Weeren, R. van, Weishaupt, M.A. & Egenvall, A. (2019). Asymmetries of horses walking and trotting on treadmill with and without rider. *Equine Veterinary Journal*, 2019 (n/a). <https://doi.org/10.1111/evj.13252>
- Byström, A., Roepstorff, L., Rhodin, M., Serra Bragança, F., Engell, M.T., Hernlund, E., Persson-Sjodin, E., van Weeren, R., Weishaupt, M.A. & Egenvall, A. (2018). Lateral movement of the saddle relative to the equine spine in rising and sitting trot on a treadmill. *PLoS One*, 13 (7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200534>
- Byström, A., Stalfelt, A., Egenvall, A., von Peinen, K., Morgan, K. & Roepstorff, L. (2010). Influence of girth strap placement and panel flocking material on the saddle pressure pattern during riding of horses. *Equine Veterinary Journal*, 42 (s38), 502–509. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00173.x>
- Clayton, H.M., Belock, B., Lavagnino, M. & Kaiser, L.J. (2013). Forces and pressures on the horse's back during bareback riding. *The Veterinary Journal*, 195 (1), 48–52. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.06.002>
- Clayton, H.M., Hampson, A., Fraser, P., White, A. & Egenvall, A. (2018). Comparison of rider stability in a flapless saddle versus a conventional saddle. *PLoS One*, 13 (6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196960>
- Clayton, H.M., O'Connor, K.A. & Kaiser, L.J. (2014). Force and pressure distribution beneath a conventional dressage saddle and a treeless dressage saddle with panels. *The Veterinary Journal*, 199 (1), 44–48. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.09.066>
- de Cocq, P., Clayton, H.M., Terada, K., Muller, M. & van Leeuwen, J.L. (2009). Usability of normal force distribution measurements to evaluate asymmetrical loading of the back of the horse and different rider positions on a standing horse. *The Veterinary Journal*, 181 (3), 266–273. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2008.03.002>
- de Cocq, P., van Weeren, P.R. & Back, W. (2006). Saddle pressure measuring: Validity, reliability and power to discriminate between different saddle-fits. *The Veterinary Journal*, 172 (2), 265–273. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2005.05.009>
- Cocq, P.D., Mooren, M., Dortmans, A., Weeren, P.R.V., Timmerman, M., Muller, M. & Leeuwen, J.L.V. (2010). Saddle and leg forces during lateral movements in dressage.

Equine Veterinary Journal, 42 (s38), 644–649. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00201.x>

- Egenvall, A., Byström, A., Roepstorff, L., Rhodin, M., Weishaupt, M.A., van Weeren, R. & Clayton, H.M. (2020). Withers vertical movement asymmetry in dressage horses walking in different head-neck positions with and without riders. *Journal of Veterinary Behavior*, 36, 72–83. <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2019.10.010>
- Flores, F.M., Dagnese, F., Mota, C.B. & Copetti, F. (2015). Parameters of the center of pressure displacement on the saddle during hippotherapy on different surfaces. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 19 (3), 211–217. <https://doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0090>
- 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. <https://doi.org/10.2746/0425164044848235>
- Geser-von Peinen, K., Latif, S.N., Wiestner, T., Bitschnau, C., Renk, B. & Weishaupt, M.A. (2013). Applied load on the horse's back under racing conditions. *The Veterinary Journal*, 198, e88–e92. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.09.039>
- Geutjens, C.A., Clayton, H.M. & Kaiser, L.J. (2008). Forces and pressures beneath the saddle during mounting from the ground and from a raised mounting platform. *Veterinary Journal (London, England: 1997)*, 175 (3), 332–337. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.03.025>
- Greve, L. & Dyson, S. (2013). The horse–saddle–rider interaction. *The Veterinary Journal*, 195 (3), 275–281. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.10.020>
- Greve, L., Murray, R. & Dyson, S. (2015). Subjective analysis of exercise-induced changes in back dimensions of the horse: The influence of saddle-fit, rider skill and work quality. *The Veterinary Journal*, 206 (1), 39–46. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.06.009>
- Gunst, S., Dittmann, M.T., Arpagaus, S., Roepstorff, C., Latif, S.N., Klaassen, B., Pauli, C.A., Bauer, C.M. & Weishaupt, M.A. (2019). Influence of functional rider and horse asymmetries on saddle force distribution during stance and in sitting trot. *Journal of Equine Veterinary Science*, 78, 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.03.215>
- Guyatt, G., Oxman, A.D., Akl, E.A., Kunz, R., Vist, G., Brozek, J., Norris, S., Falck-Ytter, Y., Glasziou, P. & deBeer, H. (2011). GRADE guidelines: 1. Introduction—GRADE evidence profiles and summary of findings tables. *Journal of Clinical Epidemiology*, 64 (4), 383–394. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2010.04.026>
- Guyatt, G.H., Oxman, A.D., Vist, G.E., Kunz, R., Falck-Ytter, Y., Alonso-Coello, P. & Schünemann, H.J. (2008). GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. *BMJ: British Medical Journal*, 336 (7650), 924–926. <https://doi.org/10.1136/bmj.39489.470347.AD>
- Halpern, M.E. (2005). Lateralization of the vertebrate brain: taking the side of model systems. *Journal of Neuroscience*, 25 (45), 10351–10357. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3439-05.2005>
- Holloway, G.A., Daly, C.H., Kennedy, D. & Chimoskey, J. (1976). Effects of external pressure loading on human skin blood flow measured by ¹³³Xe clearance. *Journal of Applied Physiology*, 40 (4), 597–600. <https://doi.org/10.1152/jappl.1976.40.4.597>
- Janura, M., Peham, C., Dvorakova, T. & Elfmark, M. (2009). An assessment of the pressure distribution exerted by a rider on the back of a horse during hippotherapy. *Human*

- Movement Science*, 28 (3), 387–393. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2009.04.001>
- Jeffcott, L.B., Holmes, M.A. & Townsend, H.G.G. (1999). Validity of saddle pressure measurements using force-sensing array technology - preliminary studies. *The Veterinary Journal*, 158 (2), 113–119. <https://doi.org/10.1053/tvjl.1998.0334>
- Koch, M., Lunde, L.-K., Ernst, M., Knardahl, S. & Veiersted, K.B. (2016). Validity and reliability of pressure-measurement insoles for vertical ground reaction force assessment in field situations. *Applied Ergonomics*, 53, 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.08.011>
- Kotschwar, A.B., Baltacis, A. & Peham, C. (2010a). The effects of different saddle pads on forces and pressure distribution beneath a fitting saddle. *Equine Veterinary Journal*, 42 (2), 114–118. <https://doi.org/10.2746/042516409X475382>
- Kotschwar, A.B., Baltacis, A. & Peham, C. (2010b). The influence of different saddle pads on force and pressure changes beneath saddles with excessively wide trees. *Veterinary Journal (London, England: 1997)*, 184 (3), 322–325. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2009.02.018>
- Kristoffersson, M., Miesner, S., Wolfgramm, B., & Svenska ridsportförbundet (2003a). *Ridhandboken 1 Grundutbildning för ryttare och häst*. Kolbäck: Svenska ridsportförbundet.
- Kristoffersson, M., Miesner, S., Wolfgramm, B., & Svenska ridsportförbundet (2003b). *Ridhandboken 2 Vidareutbildning för ryttare och häst*. Kolbäck: Svenska ridsportförbundet.
- Latif, S.N., Von Peinen, K., Wiestner, T., Bitschnau, C., Renk, B. & Weishaupt, M.A. (2010). Saddle pressure patterns of three different training saddles (normal tree, flexible tree, treeless) in Thoroughbred racehorses at trot and gallop. *Equine Veterinary Journal. Supplement*, (38), 630–636. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00237.x>
- Lucidi, P., Bacco, G., Sticco, M., Mazzoleni, G., Benvenuti, M., Bernabò, N. & Trentini, R. (2013). Assessment of motor laterality in foals and young horses (*Equus caballus*) through an analysis of derailment at trot. *Physiology and Behavior*, 109, 8–13. <https://doi:10.1016/j.physbeh.2012.11.006>
- MacKechnie-Guire, R., MacKechnie-Guire, E., Fairfax, V., Fisher, D., Fisher, M. & Pfau, T. (2019). The effect of tree width on thoracolumbar and limb kinematics, saddle pressure distribution, and thoracolumbar dimensions in sports horses in trot and canter. *Animals (Basel)*, 9 (10). <https://doi.org/10.3390/ani9100842>
- MacKechnie-Guire, R., MacKechnie-Guire, E., Fairfax, V., Fisher, M., Hargreaves, S. & Pfau, T. (2020). The effect that induced rider asymmetry has on equine locomotion and the range of motion of the thoracolumbar spine when ridden in rising trot. *Journal of Equine Veterinary Science*, 88, 102946. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2020.102946>
- Martin, P., Cheze, L., Pourcelot, P., Desquilbet, L., Duray, L. & Chateau, H. (2016). Effect of the rider position during rising trot on the horse's biomechanics (back and trunk kinematics and pressure under the saddle). *Journal of Biomechanics*, 49 (7), 1027–1033. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2016.02.016>
- Meschan, E.M., Peham, C., Schobesberger, H. & Licka, T.F. (2007). The influence of the width of the saddle tree on the forces and the pressure distribution under the saddle. *The Veterinary Journal*, 173 (3), 578–584. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2006.02.005>

- Murray, R., Mackechnie-Guire, R., Fisher, M. & Fairfax, V. (2019). Could pressure distribution under race-exercise saddles affect limb kinematics and lumbosacral flexion in the galloping racehorse? *Journal of Equine Veterinary Science*, 81, 102795. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.102795>
- Nicolopoulos, C.S., Anderson, E.G., Solomonidis, S.E. & Giannoudis, P.V. (2000). Evaluation of the gait analysis FSCAN pressure system: clinical tool or toy? *The Foot*, 10 (3), 124–130. <https://doi.org/10.1054/foot.1999.0536>
- Patterson, R.E. (1946). The use of adjusting factors in the analysis of data with disproportionate subclass numbers. *Journal of the American Statistical Association*, 41 (235), 334–346. <https://doi.org/10.1080/01621459.1946.10501879>
- Peham, C., Kotschwar, A.B., Borkenhagen, B., Kuhnke, S., Molsner, J. & Baltacis, A. (2010). A comparison of forces acting on the horse's back and the stability of the rider's seat in different positions at the trot. *The Veterinary Journal*, 184 (1), 56–59. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2009.04.007>
- von Peinen, K., Wiestner, T., Bogisch, S., Roepstorff, L., Weeren, P.R.V. & Weishaupt, M.A. (2009). Relationship between the forces acting on the horse's back and the movements of rider and horse while walking on a treadmill. *Equine Veterinary Journal*, 41 (3), 285–291. <https://doi.org/10.2746/042516409X397136>
- von Peinen, K., Wiestner, T., von Rechenberg, B. & Weishaupt, M.A. (2010). Relationship between saddle pressure measurements and clinical signs of saddle soreness at the withers. *Equine Veterinary Journal*, 42 (s38), 650–653. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00191.x>
- Ramseier, L.C., Waldern, N.M., Wiestner, T., Geser-von Peinen, K. & Weishaupt, M.A. (2013). Saddle pressure distributions of three saddles used for Icelandic horses and their effects on ground reaction forces, limb movements and rider positions at walk and tölt. *The Veterinary Journal*, 198, e81–e87. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.09.038>
- Svenska ridsportförbundet (2019). *Tävlingsreglemente dressyr II*. Svenska ridsportförbundet. https://www.ridsport.se/globalassets/svenska-ridsportforbundet/dokument/tr/tr-2019/tr_ii_2019_dressyr.pdf
- Van Heel, M.C.V., Van Dierendonck, M.C., Kroekenstoel, A.M. & Back, W. (2010). Lateralised motor behaviour leads to increased unevenness in front feet and asymmetry in athletic performance in young mature Warmblood horses: Lateralised behaviour in Warmbloods. *Equine Veterinary Journal*, 42 (5), 444–450. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2010.00064.x>
- Winkelmayr, B., Peham, C., Frühwirth, B., Licka, T. & Scheidl, M. (2006). Evaluation of the force acting on the back of the horse with an English saddle and a side saddle at walk, trot and canter. *Equine Veterinary Journal. Supplement*, (36), 406–410. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2006.tb05577.x>

Tack

A special thanks to Dr. Lesley Hawson for technical, data collection and background resources.

Populärvetenskaplig sammanfattning

Kan sadeltrycksmätning vara ett sätt att studera liksidighet vid ridning?

Liksidighet anses vara en viktig del i skolningen av ridhästar. Den häst som är lika lätt att rida i både vänster och höger varv anses ha god ridbarhet. Liksidighet utvärderas av ryttare liksom av domare vid dressyrtävlingar. Att mäta sidoskillnaderna objektivt kan vara en viktig del i förståelsen av hästars- och ryttares rörelser vid ridning i dressyr. Kan mätning av trycket under sadeln vara till hjälp? Hur jämnt fördelat är trycket mellan vänster och höger sida hos professionella dressyryttare och meriterade dressyrhästar? Skiljer sig fördelningen av trycket beroende på vilket varv hästen rids i?

Ett experiment utfördes för att undersöka liksidighet hos professionella dressyryttare och skolade dressyrhästar. En tryckmätningsskiva av märket Medilogic® placerades mellan sadeln och hästen. Tryckförändringarna mellan vänster och höger sida studerades samtidigt som deltagarna red ett spegelvänt program. Tekniken har tidigare använts för att utvärdera anpassning av sadlar och för att förstå hur ryttaren påverkar hästens mekanik.

Rörelserna som studerades var öppna, volt och sluta. Öppna är en trespårig rörelse med hästens framdel innanför spåret. Volten som reds var tio meter i diameter. Sluta är en fyrspårig rörelse med hästens bakdel innanför spåret. Först reds samtliga rörelser i vänster varv för att omedelbart upprepas enligt samma mönster i höger varv. Ritterna videofilmades med en kamera placerad mitt på kortsidan där domaren vanligen sitter vid dressyrtävlingar. Med en del tekniska bortfall och efter exkludering av ekipage som inte utfört momenten återstod 51 ekipage med komplett sadeltrycksdata och videofilmer. För dessa togs medeltryck på vänster respektive höger sida fram och jämfördes i de ridna momenten öppna, volt och sluta.

Resultatet visade att skillnader i tryckfördelning på vänster och höger sida samt mellan vänster och höger varv förekom i alla tre rörelser. Det finns därmed en indikation för att sadeltrycksmätning kan vara ett sätt att utvärdera liksidighet hos hästar och ryttare. Viss variation inom gruppen förekom. Den uppmätta skillnaden i medelvärde mellan vänster och höger sida visade ett högre tryck på höger sida

mellan sadeln och hästen. Mer forskning krävs dock för att utvärdera mätinstrumentets reliabilitet. Just den här tekniken har utvecklats för att följa tryckfördelningen i skor vid gång och löpning hos människa men är inte utvärderad för användning på ridhästar.

Bilaga 1

Riden tid samtliga 79 ekipage

t-test: Parat två-sampel för medelvärde

Riden tid 79 ekipage

	<i>Öppna 1 V</i>	<i>Öppna 3 H</i>
Medelvärde	3,18987342	3,43037975
Varians	1,1814346	1,37650114
Observationer	79	79
Pearson-korrelation	0,49808791	
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	78	
t-kvot	-1,8838868	
P(T<=t) ensidig	0,03165339	
t-kritisk ensidig	1,66462464	
P(T<=t) tvåsidig	0,06330677	
t-kritisk tvåsidig	1,99084707	

t-test: Parat två-sampel för medelvärde

Riden tid 78 ekipage

	<i>Öppna 2 V</i>	<i>Öppna 4 H</i>
Medelvärde	4,03846154	3,62820513
Varians	1,23226773	1,27555778
Observationer	78	78
Pearson-korrelation	0,43626205	
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	77	
t-kvot	3,04712555	
P(T<=t) ensidig	0,00158213	
t-kritisk ensidig	1,66488454	
P(T<=t) tvåsidig	0,00316425	

t-kritisk tvåsidig 1,9912544

t-test: Parat två-sampel för medelvärde

Riden tid 79 ekipage

	<i>Volt V</i>	<i>Volt H</i>
Medelvärde	8,50632911	8,50632911
Varians	0,84290815	1,30444661
Observationer	79	79
Pearson-korrelation	0,31479366	
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	78	
t-kvot	0	
P(T<=t) ensidig	0,5	
t-kritisk ensidig	1,66462464	
P(T<=t) tvåsidig	1	
t-kritisk tvåsidig	1,99084707	

t-test: Parat två-sampel för medelvärde

Ridne tid för 70 ekipage

	<i>Sluta 1 V</i>	<i>Sluta 2 H</i>
Medelvärde	6,28571429	5,82857143
Varians	2,64182195	2,05714286
Observationer	70	70
Pearson-korrelation	0,43784036	
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	69	
t-kvot	2,34617104	
P(T<=t) ensidig	0,01092315	
t-kritisk ensidig	1,66723855	
P(T<=t) tvåsidig	0,0218463	
t-kritisk tvåsidig	1,99494542	

t-test: Parat två-sampel för medelvärde

Riden tid för 70 ekipage

	<i>Öppna V</i>	<i>Öppna H</i>
Medelvärde	7,2278481	7,01265823
Varians	2,99870172	3,26906848
Observationer	79	79
Pearson-korrelation	0,59689964	

Antagen medelvårdesskillnad	0
fg	78
t-kvot	1,202467
P(T<=t) ensidig	0,11641015
t-kritisk ensidig	1,66462464
P(T<=t) tvåsidig	0,23282029
t-kritisk tvåsidig	1,99084707

Riden tid för ekipage med sadeltrycksdata

t-test: Parat två-sampel för medelvärde

Riden tid ekipage med ST-data

	<i>Öppna 1 V</i>	<i>Öppna 3 H</i>
Medelvärde	2,92	3,1
Varians	0,72816327	0,86734694
Observationer	50	50
Pearson-korrelation	0,26707083	
Antagen medelvårdesskillnad	0	
fg	49	
t-kvot	-1,176184	
P(T<=t) ensidig	0,12260207	
t-kritisk ensidig	1,67655089	
P(T<=t) tvåsidig	0,24520414	
t-kritisk tvåsidig	2,00957524	

t-test: Parat två-sampel för medelvärde

Riden tid ekipage med ST-data

	<i>Öppna 2 V</i>	<i>Öppna 4 H</i>
Medelvärde	4,06	3,62
Varians	1,11877551	0,97510204
Observationer	50	50
Pearson-korrelation	0,25674546	
Antagen medelvårdesskillnad	0	
fg	49	
t-kvot	2,49296705	
P(T<=t) ensidig	0,00804782	
t-kritisk ensidig	1,67655089	
P(T<=t) tvåsidig	0,01609563	
t-kritisk tvåsidig	2,00957524	

t-test: Parat två-sampel för medelvärde

Riden tid ekipage med ST-data

	<i>Volt V</i>	<i>Volt H</i>
Medelvärde	8,54	8,46
Varians	0,94734694	1,31469388
Observationer	50	50
Pearson-korrelation	0,32148147	
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	49	
t-kvot	0,45517926	
P(T<=t) ensidig	0,3254954	
t-kritisk ensidig	1,67655089	
P(T<=t) tvåsidig	0,65099079	
t-kritisk tvåsidig	2,00957524	

t-test: Parat två-sampel för medelvärde

Riden tid ekipage med ST-data

	<i>Sluta 1 V</i>	<i>Sluta 2 H</i>
Medelvärde	5,97826087	5,45652174
Varians	2,19951691	1,7647343
Observationer	46	46
Pearson-korrelation	0,26457438	
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	45	
t-kvot	2,07019668	
P(T<=t) ensidig	0,0221008	
t-kritisk ensidig	1,67942739	
P(T<=t) tvåsidig	0,0442016	
t-kritisk tvåsidig	2,01410339	

t-test: Parat två-sampel för medelvärde

Riden tid ekipage med ST-data

	<i>Öppna V</i>	<i>Öppna H</i>
Medelvärde	6,98	6,72
Varians	2,22408163	1,67510204
Observationer	50	50
Pearson-korrelation	0,4093957	
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	49	
t-kvot	1,20733836	
P(T<=t) ensidig	0,11654882	
t-kritisk ensidig	1,67655089	
P(T<=t) tvåsidig	0,23309764	

Medeltryck per registrering på vänster jämfört med höger sida av sadeltrycksmattan

t-test: Parat två-sampel för medelvärde

Medeltryck per registrering

	<i>Öppna V v</i>	<i>Öppna V h</i>
Medelvärde	3861,12874	4107,65465
Varians	8629913,24	7801844,71
Observationer	50	50
Pearson-korrelation	0,9940005	
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	49	
t-kvot	-5,0461841	
P(T<=t) ensidig	3,3007E-06	
t-kritisk ensidig	1,67655089	
P(T<=t) tvåsidig	6,6015E-06	
t-kritisk tvåsidig	2,00957524	

t-test: Parat två-sampel för medelvärde

Medeltryck per registrering

	<i>Öppna H v</i>	<i>Öppna H h</i>
Medelvärde	3678,51072	3603,5045
Varians	1286766,29	1056239,95
Observationer	51	51
Pearson-korrelation	0,94583036	
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	50	
t-kvot	1,44364122	
P(T<=t) ensidig	0,07753835	
t-kritisk ensidig	1,67590503	
P(T<=t) tvåsidig	0,15507669	
t-kritisk tvåsidig	2,00855911	

t-test: Parat två-sampel för medelvärde

Medeltryck per registrering

	<i>Volt V v</i>	<i>Volt V h</i>
Medelvärde	3574,85496	3598,99332
Varians	212817,012	229311,845
Observationer	50	50

Pearson-korrelation	0,8368597
Antagen medelvårdesskillnad	0
fg	49
t-kvot	-0,6344006
P(T<=t) ensidig	0,26438515
t-kritisk ensidig	1,67655089
P(T<=t) tvåsidig	0,52877031
t-kritisk tvåsidig	2,00957524

t-test: Parat två-sampel för medelvärde

Medeltryck per registrering

	<i>Volt H v</i>	<i>Volt H h</i>
Medelvärde	3466,90678	3685,81523
Varians	228997,847	218419,039
Observationer	51	51
Pearson-korrelation	0,85658198	
Antagen medelvårdesskillnad	0	
fg	50	
t-kvot	-6,1663376	
P(T<=t) ensidig	6,0311E-08	
t-kritisk ensidig	1,67590503	
P(T<=t) tvåsidig	1,2062E-07	
t-kritisk tvåsidig	2,00855911	

t-test: Parat två-sampel för medelvärde

Medeltryck per registrering

	<i>Sluta V v</i>	<i>Sluta V h</i>
Medelvärde	3658,39727	3703,11211
Varians	252611,417	234528,866
Observationer	45	45
Pearson-korrelation	0,86921158	
Antagen medelvårdesskillnad	0	
fg	44	
t-kvot	-1,1856431	
P(T<=t) ensidig	0,12106348	
t-kritisk ensidig	1,68022998	
P(T<=t) tvåsidig	0,24212697	
t-kritisk tvåsidig	2,01536757	

t-test: Parat två-sampel för medelvärde

Medeltryck per registrering

	<i>Sluta H v</i>	<i>Sluta H h</i>
Medelvärde	3509,22821	3757,90384
Varians	205142,549	238041,56
Observationer	46	46
Pearson-korrelation	0,78203883	
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	45	
t-kvot	-5,3999705	
P(T<=t) ensidig	1,2017E-06	
t-kritisk ensidig	1,67942739	
P(T<=t) tvåsidig	2,4034E-06	
t-kritisk tvåsidig	2,01410339	

Medelvärden på differensen mellan sadeltrycket på vänster och höger sida

t-test: Parat två-sampel för medelvärde

Medelvärden på diffar V-H

	<i>Öppna V</i>	<i>Öppna H</i>
Medelvärde	-246,52591	81,3321992
Varians	119335,31	138399,278
Observationer	50	50
Pearson-korrelation	0,42397042	
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	49	
t-kvot	-6,0106967	
P(T<=t) ensidig	1,1266E-07	
t-kritisk ensidig	1,67655089	
P(T<=t) tvåsidig	2,2533E-07	
t-kritisk tvåsidig	2,00957524	

t-test: Parat två-sampel för medelvärde

Medelvärden på diffar V-H

	<i>Volt V</i>	<i>Volt H</i>
Medelvärde	-24,13836	-217,17061
Varians	72386,6203	65429,3474
Observationer	50	50
Pearson-korrelation	0,66632269	

Antagen medelvärdesskillnad	0
fg	49
t-kvot	6,35696155
P(T<=t) ensidig	3,2883E-08
t-kritisk ensidig	1,67655089
P(T<=t) tvåsidig	6,5767E-08
t-kritisk tvåsidig	2,00957524

t-test: Parat två-sampel för medelvärde

Medelvärden på diffar V-H

	<i>Sluta V</i>	<i>Sluta H</i>
Medelvärde	-44,714842	-239,73029
Varians	64004,1252	96005,7823
Observationer	45	45
Pearson-korrelation	0,3515285	
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	44	
t-kvot	4,03916025	
P(T<=t) ensidig	0,00010584	
t-kritisk ensidig	1,68022998	
P(T<=t) tvåsidig	0,00021168	
t-kritisk tvåsidig	2,01536757	

t-test: Parat två-sampel för medelvärde

Diffar V-H mellan V och H varv

	<i>Öppna</i>	<i>0-värden</i>
Medelvärde	-165,19371	0
Varians	366707,096	0
Observationer	50	50
Pearson-korrelation	#####	
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	49	
t-kvot	-1,9289406	
P(T<=t) ensidig	0,02977046	
t-kritisk ensidig	1,67655089	
P(T<=t) tvåsidig	0,05954092	
t-kritisk tvåsidig	2,00957524	

t-test: Parat två-sampel för medelvärde

Diffar V-H mellan V och H varv

	<i>Volt</i>	<i>0-värden</i>
Medelvärde	-241,30897	0
Varians	229528,787	0
Observationer	50	50
Pearson-korrelation	#####	
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	49	
t-kvot	-3,5615569	
P(T<=t) ensidig	0,00041605	
t-kritisk ensidig	1,67655089	
P(T<=t) tvåsidig	0,00083209	
t-kritisk tvåsidig	2,00957524	

t-test: Parat två-sampel för medelvärde

Diffar V-H mellan V och H varv

	<i>Sluta</i>	<i>0-värden</i>
Medelvärde	-284,44513	0
Varians	215121,533	0
Observationer	45	45
Pearson-korrelation	#####	
Antagen medelvärdesskillnad	0	
fg	44	
t-kvot	-4,1139861	
P(T<=t) ensidig	8,3839E-05	
t-kritisk ensidig	1,68022998	
P(T<=t) tvåsidig	0,00016768	
t-kritisk tvåsidig	2,01536757	

Bilaga 2

The SAS System

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set	WORK.COMBO
Dependent Variable	val
Covariance Structure	Variance Components
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile

Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Containment

Class Level Information		
Class	Levels	Values
Horse	10	5 1 6 3 8 4 2 9 11 10
rider	6	9 10 2 4 3 1
exe	3	Oppna Sluta Volt
dir	2	left right

Dimensions	
Covariance Parameters	2
Columns in X	22
Columns in Z	6
Subjects	1
Max Obs per Subject	290

Number of Observations	
Number of Observations Read	306
Number of Observations Used	290

Number of Observations Not Used 16

Iteration History

Iteration	Evaluations	- 2 Res Log Like	Criterion
0	1	3918,2136	
1	2	3885,4492	0,0000001
2	1	3885,449	0

Convergence criteria met.

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate
rider	13603
Residual	63784

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	3885.4
AIC (Smaller is Better)	3889,4
AICC (Smaller is Better)	3889,5
BIC (Smaller is Better)	3889

Solution for Fixed Effects								
Effect	Horse	exe	dir	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
Intercept				19,7062	78,2334	5	0,25	0,8112
dir			left	193,03	50,511	270	3,82	0,0002
dir			right	0	.	.	.	.
exe		Oppna		298,5	50,511	270	5,91	<.0001
exe		Sluta		-13,5874	52,2354	270	-0,26	0,795
exe		Volt		0	.	.	.	.
Horse	5			-153,56	67,4548	270	-2,28	0,0236
Horse	1			-434,99	67,4548	270	-6,45	<.0001
Horse	6			-110,97	69,6242	270	-1,59	0,1122
Horse	3			-265,77	69,6242	270	-3,82	0,0002
Horse	8			-176,49	78,5774	270	-2,25	0,0255
Horse	4			-357,61	67,4548	270	-5,3	<.0001
Horse	2			-210,27	67,4548	270	-3,12	0,002
Horse	9			-173,96	70,7106	270	-2,46	0,0145
Horse	11			-563,27	90,9449	270	-6,19	<.0001
Horse	10			0	.	.	.	.
exe*dir		Oppna	left	-520,89	71,4334	270	-7,29	<.0001
exe*dir		Oppna	right	0	.	.	.	.
exe*dir		Sluta	left	1,9832	73,3908	270	0,03	0,9785
exe*dir		Sluta	right	0	.	.	.	.
exe*dir		Volt	left	0	.	.	.	.
exe*dir		Volt	right	0	.	.	.	.

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
dir	1	270	0,46	0,4999
exe	2	270	1,04	0,3555
Horse	9	270	9,49	<.0001
exe*dir	2	270	34,96	<.0001

Least Squares Means

Effect	Horse	exe	dir	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
Horse	5			-28,8493	63,553	270	-0,45	0,6502
Horse	1			-310,28	63,553	270	-4,88	<.0001
Horse	6			13,7426	66,7002	270	0,21	0,8369
Horse	3			-141,06	66,7002	270	-2,11	0,0354
Horse	8			-51,7759	74,9244	270	-0,69	0,4901
Horse	4			-232,9	63,553	270	-3,66	0,0003
Horse	2			-85,564	63,553	270	-1,35	0,1793
Horse	9			-49,2512	66,6079	270	-0,74	0,4603
Horse	11			-438,56	89,4326	270	-4,9	<.0001
Horse	10			124,71	71,0323	270	1,76	0,0803
exe*dir		Oppna	left	-254,34	59,8172	270	-4,25	<.0001
exe*dir		Oppna	right	73,5208	59,8172	270	1,23	0,2201
exe*dir		Sluta	left	-43,554	61,2803	270	-0,71	0,4779
exe*dir		Sluta	right	-238,57	61,2803	270	-3,89	0,0001
exe*dir		Volt	left	-31,9498	59,8172	270	-0,53	0,5937

exe*dir	Volt	right	-224,98	59,8172	270	-3,76	0,0002
---------	------	-------	---------	---------	-----	-------	--------

Differences of Least Squares Means Effect

	Horse	exe	dir	_Horse	_exe	_dir	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
Horse	5			1			281,43	59,5278	270	4,73	<.0001
Horse	5			6			-42,5919	62,8768	270	-0,68	0,4987
Horse	5			3			112,21	62,8768	270	1,78	0,0754
Horse	5			8			22,9266	71,5418	270	0,32	0,7489
Horse	5			4			204,05	59,5278	270	3,43	0,0007
Horse	5			2			56,7147	59,5278	270	0,95	0,3416
Horse	5			9			20,4018	62,7788	270	0,32	0,7454
Horse	5			11			409,71	86,6184	270	4,73	<.0001
Horse	5			10			-153,56	67,4548	270	-2,28	0,0236
Horse	1			6			-324,02	62,8768	270	-5,15	<.0001
Horse	1			3			-169,22	62,8768	270	-2,69	0,0076
Horse	1			8			-258,5	71,5418	270	-3,61	0,0004
Horse	1			4			-77,3779	59,5278	270	-1,3	0,1948
Horse	1			2			-224,71	59,5278	270	-3,77	0,0002
Horse	1			9			-261,03	62,7788	270	-4,16	<.0001
Horse	1			11			128,28	86,6184	270	1,48	0,1398
Horse	1			10			-434,99	67,4548	270	-6,45	<.0001
Horse	6			3			154,8	65,2094	270	2,37	0,0183
Horse	6			8			65,5185	74,5069	270	0,88	0,38
Horse	6			4			246,64	62,8768	270	3,92	0,0001

Horse	6		2	99,3066	62,8768	270	1,58	0,1154
Horse	6		9	62,9938	66,1471	270	0,95	0,3418
Horse	6		11	452,3	88,3264	270	5,12	<.0001
Horse	6		10	-110,97	69,6242	270	-1,59	0,1122
Horse	3		8	-89,2838	74,5069	270	-1,2	0,2318
Horse	3		4	91,8409	62,8768	270	1,46	0,1453
Horse	3		2	-55,4957	62,8768	270	-0,88	0,3782
Horse	3		9	-91,8086	66,1471	270	-1,39	0,1663
Horse	3		11	297,5	88,3264	270	3,37	0,0009
Horse	3		10	-265,77	69,6242	270	-3,82	0,0002
Horse	8		4	181,12	71,5418	270	2,53	0,0119
Horse	8		2	33,7881	71,5418	270	0,47	0,6371
Horse	8		9	-2,5247	74,3747	270	-0,03	0,9729
Horse	8		11	386,78	96,1785	270	4,02	<.0001
Horse	8		10	-176,49	78,5774	270	-2,25	0,0255
Horse	4		2	-147,34	59,5278	270	-2,48	0,0139
Horse	4		9	-183,65	62,7788	270	-2,93	0,0037
Horse	4		11	205,66	86,6184	270	2,37	0,0183
Horse	4		10	-357,61	67,4548	270	-5,3	<.0001
Horse	2		9	-36,3128	62,7788	270	-0,58	0,5635
Horse	2		11	353	86,6184	270	4,08	<.0001
Horse	2		10	-210,27	67,4548	270	-3,12	0,002
Horse	9		11	389,31	88,4571	270	4,4	<.0001
Horse	9		10	-173,96	70,7106	270	-2,46	0,0145
Horse	11		10	-563,27	90,9449	270	-6,19	<.0001
exe'dir		Oppna	left	Oppna	right			
				-327,86	50,511	270	-6,49	<.0001

exe*dir	Oppna	left	Sluta	left	-210,78	52,2354	270	-4,04	<.0001
exe*dir	Oppna	left	Sluta	right	-15,7679	52,2354	270	-0,3	0,763
exe*dir	Oppna	left	Volt	left	-222,39	50,511	270	-4,4	<.0001
exe*dir	Oppna	left	Volt	right	-29,3553	50,511	270	-0,58	0,5616
exe*dir	Oppna	right	Sluta	left	117,07	52,2354	270	2,24	0,0258
exe*dir	Oppna	right	Sluta	right	312,09	52,2354	270	5,97	<.0001
exe*dir	Oppna	right	Volt	left	105,47	50,511	270	2,09	0,0377
exe*dir	Oppna	right	Volt	right	298,5	50,511	270	5,91	<.0001
exe*dir	Sluta	left	Sluta	right	195,02	53,2433	270	3,66	0,0003
exe*dir	Sluta	left	Volt	left	-11,6042	52,2354	270	-0,22	0,8244
exe*dir	Sluta	left	Volt	right	181,43	52,2354	270	3,47	0,0006
exe*dir	Sluta	right	Volt	left	-206,62	52,2354	270	-3,96	<.0001
exe*dir	Sluta	right	Volt	right	-13,5874	52,2354	270	-0,26	0,795
exe*dir	Volt	left	Volt	right	193,03	50,511	270	3,82	0,0002

The SAS System

The Mixed Procedure

Model Information

Data Set	WORK.COMBO
Dependent Variable	val

Covariance Structure	Variance Components
Estimation Method	REML
Residual Variance Method	Profile
Fixed Effects SE Method	Model-Based
Degrees of Freedom Method	Containment

Class Level Information		
Class	Levels	Values
Horse	10	5 1 6 3 8 4 2 9 11 10
rider	6	9 10 2 4 3 1
exe	3	Oppna Sluta Volt
dir	2	left right

Dimensions	
Covariance Parameters	4
Columns in X	12
Columns in Z	67
Subjects	1
Max Obs per Subject	290

Number of Observations

Number of Observations Read	306
Number of Observations Used	290
Number of Observations Not Used	16

Iteration History

Iteration	Evaluations	- 2 Res Log Like	Criterion
0	1	4078,3912	
1	2	3928,1024	1,012E-05
2	1	3928,0844	7E-08
3	1	3928,0843	0

Convergence criteria met.

Covariance Parameter Estimates

Cov Parm	Estimate
Horse	11822
rider	12369
Horse*rider	37200
Residual	37641

Fit Statistics

-2 Res Log Likelihood	3928,1
AIC (Smaller is Better)	3936,1
AICC (Smaller is Better)	3936,2
BIC (Smaller is Better)	3937,3

Solution for Fixed Effects							
Effect	exe	dir	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
Intercept			-216,71	69,2855	5	-3,13	0,026
dir		left	193,03	38,8028	235	4,97	<.0001
dir		right	0	.	.	.	.
exe	Oppna		298,5	38,8028	235	7,69	<.0001
exe	Sluta		-14,2074	40,1046	235	-0,35	0,7235
exe	Volt		0	.	.	.	.
exe*dir	Oppna	left	-520,89	54,8755	235	-9,49	<.0001
exe*dir	Oppna	right	0	.	.	.	.
exe*dir	Sluta	left	1,9832	56,3792	235	0,04	0,972
exe*dir	Sluta	right	0	.	.	.	.
exe*dir	Volt	left	0	.	.	.	.
exe*dir	Volt	right	0	.	.	.	.

Type 3 Tests of Fixed Effects				
Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
dir	1	235	0,77	0,3801

exe	2	235	1,79	0,1687
exe*dir	2	235	59,25	<.0001

Least Squares Means

Effect	exe	dir	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
exe*dir	Oppna	left	-246,07	69,2855	235	-3,55	0,0005
exe*dir	Oppna	right	81,7926	69,2855	235	1,18	0,239
exe*dir	Sluta	left	-35,9022	70,034	235	-0,51	0,6087
exe*dir	Sluta	right	-230,92	70,034	235	-3,3	0,0011
exe*dir	Volt	left	-23,678	69,2855	235	-0,34	0,7328
exe*dir	Volt	right	-216,71	69,2855	235	-3,13	0,002

Differences of Least Squares Means

Effect	exe	dir	_exe	_dir	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
exe*dir	Oppna	left	Oppna	right	-327,86	38,8028	235	-8,45	<.0001
exe*dir	Oppna	left	Sluta	left	-210,16	40,1046	235	-5,24	<.0001
exe*dir	Oppna	left	Sluta	right	-15,1479	40,1046	235	-0,38	0,706
exe*dir	Oppna	left	Volt	left	-222,39	38,8028	235	-5,73	<.0001
exe*dir	Oppna	left	Volt	right	-29,3553	38,8028	235	-0,76	0,4501
exe*dir	Oppna	right	Sluta	left	117,69	40,1046	235	2,93	0,0037
exe*dir	Oppna	right	Sluta	right	312,71	40,1046	235	7,8	<.0001
exe*dir	Oppna	right	Volt	left	105,47	38,8028	235	2,72	0,0071
exe*dir	Oppna	right	Volt	right	298,5	38,8028	235	7,69	<.0001

exe*dir	Sluta	left	Sluta	right	195,02	40,9018	235	4,77	<.0001
exe*dir	Sluta	left	Volt	left	-12,2242	40,1046	235	-0,3	0,7608
exe*dir	Sluta	left	Volt	right	180,81	40,1046	235	4,51	<.0001
exe*dir	Sluta	right	Volt	left	-207,24	40,1046	235	-5,17	<.0001
exe*dir	Sluta	right	Volt	right	-14,2074	40,1046	235	-0,35	0,7235
exe*dir	Volt	left	Volt	right	193,03	38,8028	235	4,97	<.0001