



# Kompensatoriska rörelsemönster vid longering av bakbenshalta islandshästar

---

Sara Bodén

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

Uppsala 2024





# Kompensatoriska rörelsemönster vid longering av bakbenshalta islandshästar

*Compensatory asymmetries in hindlimb lame Icelandic horses on the lunge*

Sara Bodén

**Handledare:** Emma Persson-Sjödín, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

**Bitr handledare:** Ebba Zetterberg, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

**Examinator:** Katrina Ask, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

**Omfattning:** 30 hp

**Nivå och fördjupning:** Avancerad nivå, A2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i veterinärmedicin

**Kurskod:** EX1003

**Program/utbildning:** Veterinärprogrammet

**Kursansvarig inst.:** Institutionen för kliniska vetenskaper

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2024

**Omslagsbild:** Sara Bodén

**Upphovsrätt:** Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

**Nyckelord:** Hälta, objektiv rörelseanalys, rörelsesymmetri, volt

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap  
Veterinärprogrammet



## Sammanfattning

Islandshästar har flera faktorer som gör att hältbedömning av rasen är ett mycket utmanande moment. Dessa faktorer inkluderar en hög stegfrekvens, ett mindre vertikalt rörelseomfång och förmågan att visa upp till två ytterligare gångarter. Vid en hälta ses kompensatoriska rörelseasymmetrier som också kan försvåra den subjektiva rörelsebedömningen. Att förstå hur rörelsemönstret förändras vid en hälta och att tolka hur rörelsen kan ändras vid diagnostisk anestesi är därför viktigt och kunskapen gör stor nytta för att särskilja primärhältor och kompensationer från varandra. På volt uppstår en naturlig voltasymmetri som behöver tas hänsyn till och som kan bidra till en förstärkt eller undångömd hälta. Syftet med studien är att öka kunskapen kring bakbenshalta islandshästarnas kompensatoriska rörelseasymmetrier på volt. Genom att mäta symmetriparametrar hos en halt häst före och efter diagnostisk anestesi, som är positiv på rakt spår, kan förändringar hos andra parametrar än de som representerar primärhältan observeras på volt. På så vis kan de kompensatoriska asymmetrierna studeras.

I denna studie undersöktes symmetriparametrar för huvud, manke och *pelvis* för tre bakbenshalta islandshästar på volt med ett objektivi mätsystem. Hos två av hästarna släckte primärhältan både på det raka spåret och på volt efter anestesi. För en av hästarna sågs ingen förbättring på voltspåret och släckningen som sågs på det raka spåret kan vara en misstolkning av resultatet till följd av en naturlig variation mellan mätningar. Ytterligare en teori är att underlaget påverkade hur väl hältan framträdde och därmed påverkade resultatet hos den häst som inte släckte på volt.

När släckning av primärhältan sågs på volt sågs även att de kompensatoriska rörelsemönstren i huvud och manke minskade. Kompensationen för huvudet avseende HD<sub>min</sub> minskade 0,54–1,56 mm för varje millimeter släckning som uppmättes för *pelvis* avseende PD<sub>min</sub>. Kompensationen för manken avseende WD<sub>min</sub> förändrades i motsatt riktning om 0,71–0,81 mm för varje millimeter släckning i *pelvis*. Detta visar att hästarna i samband med bakbenshältan haft en kompensation hos huvudets rörelse som liknade en ipsilateral frambenshälta. Manken indikerade i stället innan bedövning en diagonal frambenshälta.

Slutsatsen av studien är att dessa två islandshästar visade liknande kompensatoriska förändringar som tidigare setts för varmblodiga hästar, men ytterligare forskning med en större studiepopulation är av intresse för att dra generella slutsatser.

*Nyckelord:* hälta, objektiv rörelseanalys, rörelsesymmetri, volt

## Abstract

Several factors make lameness evaluation in Icelandic horses particularly challenging compared to in non-gaited horses. These include a high stride frequency, a smaller vertical sacrum movement and the ability to perform up to two additional gaits. A lame horse can also show compensatory movement patterns that can complicate both subjective visual assessment and interpretation of objective gait analysis. To understand when compensatory patterns are to be expected is therefore of great importance in order to differ a primary lameness from a compensatory movement asymmetry. Lungeing induces natural movement asymmetry in the horse which needs to be considered since it has the ability to amplify or reduce the magnitude of lameness. The aim of this study was to gather knowledge about the specific compensatory movement patterns of Icelandic horses with a hindlimb lameness demonstrated on the lunge. By measuring symmetry parameters of lame horses on the lunge before and after diagnostic anaesthesia, the changes in parameters, other than those representing the primary lameness, can be quantified and compensatory asymmetries studied.

In this study symmetry parameters of the head, withers and *pelvis* were measured in three Icelandic horses before and after diagnostic analgesia. Two of the horses showed a reduction of the primary lameness on both the straight line and on the lunge. One of the horses showed no improvement on the lunge, and the reduction seen on the straight line may be a misinterpretation of the result due to variation in between measurements. Another theory is that different types of surfaces on the straight line and on the lunge had an impact on how much the lameness improved in this horse.

When a reduction of the primary lameness was seen on the lunge, a reduction of the compensatory movement patterns in head and withers were identified as well. The compensatory asymmetry of the head, as measured by HDmin, was reduced by 0.54-1.56 mm for every millimetre reduction in *pelvis* measured by PDmin. The compensation of the withers measured by WDmin changed in the opposite direction with 0.71-0.81 mm for every millimetre reduction in *pelvis*. This shows that primary hind limb lameness gave a compensatory movement pattern similar to an ipsilateral forelimb lameness, however the withers indicated a lameness in the opposite forelimb.

The study concluded that these two Icelandic horses showed similar compensatory movement patterns as showed for Warmblood horses, however more research is needed in a larger study population to draw general conclusions.

*Keywords:* lameness, objective movement symmetry analysis, movement symmetry, lunge

# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning .....</b>	<b>9</b>
<b>2. Litteraturoversikt.....</b>	<b>11</b>
2.1 Islandshästens rörelsemönster .....	11
2.2 Hälta .....	13
2.2.1 Rörelseasymmetrier.....	14
2.3 Voltspår .....	17
2.4 Objektiva mätsystem.....	18
<b>3. Material och metoder .....</b>	<b>20</b>
3.1 Urval.....	20
3.2 Genomförande .....	20
3.3 Objektiv rörelsemätning .....	21
3.4 Hantering av data.....	22
<b>4. Resultat .....</b>	<b>23</b>
<b>5. Diskussion .....</b>	<b>30</b>
5.1 Häst 1 .....	30
5.2 Häst 2.....	31
5.3 Häst 3.....	32
5.4 Generell diskussion.....	33
5.5 Slutsats .....	34
5.6 Felkällor.....	35
<b>Referenser.....</b>	<b>36</b>
<b>Populärvetenskaplig sammanfattning .....</b>	<b>41</b>
<b>Tack... ..</b>	<b>43</b>





# 1. Inledning

Hältutredningar är en mycket vanlig och viktig arbetsuppgift för kliniskt praktiserande veterinärer som arbetar med häst. Att bedöma ett avvikande rörelsemönster kan dock vara utmanande även för erfarna veterinärer (Keegan *et al.* 2010; Hammarberg *et al.* 2016). Vid en hältundersökning görs vanligen en bedömning av hästens rörelsemönster på både rakt och böjt spår för att bilda sig en uppfattning kring var en eventuell smärta kan finnas och hur rörelsemönstret påverkas av smärtan (Baxter *et al.* 2020). Till exempel kan låggradiga hältor framhävas av volten (Rhodin *et al.* 2013) och hjälpa veterinären att identifiera vilket ben hästen är halt på. Dock har det även visats att ohalta hästars rörelsemönster påverkas av volten och uppvisar ett asymmetriskt rörelsemönster, så kallad voltasymmetri (Rhodin *et al.* 2016; Greve *et al.* 2017) vilket försvårar bedömningen. Därtill förekommer att hästar vid hälsa visar kompensatoriska rörelsemönster av olika grad, vilket kan bidra till svårighet i att bedöma vart primärhåltan sitter.

Bedömningen av rörelsemönstret hos islandshästar kan utgöra en extra stor utmaning med deras förmåga att röra sig i upp till två extra gångarter. Detta kan dels bero på att de inte nödvändigtvis visar rena taktfasta gångarter, utan har flera variationer av gångartsmönster (Zips *et al.* 2001). I jämförelse med varmbloodshästar har de även en högre stegfrekvens och ett mindre vertikalt rörelseomfång i trav (Rhodin *et al.* 2022) vilket bidrar till utmaningen att visuellt identifiera rörelseasymmetrier. Eftersom rörelseomfånget är litet, är kunskapen kring hur och till vilken grad de kompensatoriska rörelsemönstren uppträder av stor betydelse för veterinären, då även mindre förändringar kan spela en stor roll. Vid hältutredningar används i de flesta fall trav för att göra en rörelsebedömning. Fokuset att ta fram fengångare med bra kvalitet för tölt och pass (Kristjansson *et al.* 2014) kan dock påverka islandshästens förmåga att visa en ren och taktfast trav negativt. Det styrks av att en större variation har setts för islandshästars trav, som till skillnad från varmbloodiga hästars trav, inte alltid är helt tvåtaktig (Waldern *et al.* 2015). Att studera islandshästen separat är därför viktigt då kunskapen kring rasens rörelsemönster vid hälsa inte är tillräckligt välkänt, och islandshästen fortsatt är svårbedömd.

För att få en ökad kunskap kring hästens biomekanik och underlätta hältutredningar pågår hela tiden forskning. Objektiva mätsystem har visats vara ett bra verktyg som

komplement till den visuella bedömningen (Keegan *et al.* 2011; Maliye *et al.* 2013; Rhodin *et al.* 2013; Marunova *et al.* 2022). Med hjälp av inertial measurement units (IMU) kan asymmetrier i hästens rörelsemönster objektivt kvantifieras och därmed komplettera anamnestiska och kliniska fynd samt bidra till den sammantagna bedömningen i en pågående hältutredning.

Syftet med den här studien är att få en ökad kunskap kring vad islandshästen, med sina ytterligare gångarter, får för kompensatoriska rörelsemönster på böjt spår vid en bakbenshälta.

Hypotesen är att islandshästar med bakbenshälta har ett kompensatoriskt rörelsemönster på volt som skiljer sig från det kompensatoriska rörelsemönster som varmblodiga hästar uppvisar.

## 2. Litteraturöversikt

### 2.1 Islandshästens rörelsemönster

Under en fullständig stegcykel har varje ben en belastningsfas och en pendelfas (Drevemo *et al.* 1980; Leach *et al.* 1984; Back *et al.* 1995a; b; Clayton 2016). Efter att hoven skjuter ifrån marken sker pendelfasen av benet som förs framåt, så kallad protraktion, tills isättning av hoven i marken. När hoven landat efterföljer en belastningsfas, där kroppen fortsatt förs framåt och benet således får en retraktion. Beroende på rörelsemönster och ordningsföljd av hovarnas isättning ges olika gångarter. Om det under ett moment i stegcykeln inte är någon hov som har kontakt med marken kallas detta för en svänningsfas.

Islandshästen kan ha upp till fem gångarter och är känd för sina extra gångarter tölt och pass. En mutation i DMRT3-genen har presenterats som den huvudsakliga gen som gör det möjligt för rasen att använda sig av andra rörelsemönster, eftersom genen spelar en viktig roll för koordinationen (Andersson *et al.* 2012). Femgångare, det vill säga hästar som uppvisar de tre vanliga gångarterna skritt, trav och galopp samt även tölt och pass, har visat sig oftast inneha AA-genotypen. Det är dock inte uteslutande femgångare som har AA-genotypen, utan den ses även hos fyrgångare (hästar som uppvisar tölt, men inte pass) vilket talar för att även andra faktorer, såsom miljö, spelar in i hästens förmåga att visa pass (Kristjansson *et al.* 2014). Denna genotyp är dessutom förknippad med en högre kvalitet på tölten. CA-genotypen är inte lika vanlig som AA-genotypen hos islandshästar, men dessa individer uppvisar generellt en bättre skritt, trav och galopp. Det har mot den bakgrunden antagits att hästar med AA-genotypen har lättare med den ipsilaterala koordination, men därmed även svårare med den diagonala koordinationen. Nyligen har forskning presenterat möjligheten att ytterligare två gener, RELN och STAU2, spelar in i islandshästens rörelsemönster (Sigurðardóttir *et al.* 2023).

Av de fem gångarterna skritt, trav, tölt, pass och galopp, är det enbart den sistnämnda som klassas som en asymmetrisk gångart (Robilliard *et al.* 2007). Skritt och tölt har samma isättningsmönster; vänster bak, vänster fram, höger bak, höger

fram, men vid skritt har hästen två eller tre hovar i marken samtidigt medan vid tölt är en eller två hovar isatta. Enligt *International Federation of Icelandic Horse Associations* (2023) beskrivning av en korrekt tölt ska islandshästen inte uppvisa en svävningsfas och hovarna ska möta marken i en fyrtaktig rytmisk följd. Zips *et al.* (2001) invänder mot den tidigare beskrivna definitionen av tölt och visar i sin studie att tidsintervallen för isättningsmönstret kan variera och att tölten i flera fall kan få en svävningsfas, främst vid högre hastigheter. Zips *et al.* (2001) studerade skillnaderna i tölrens rörelsemönster vid tre standardiserade hastigheter och definierade fem olika varianter; ren tölt, passtaktig eller travtaktig tölt samt fyrtaktig trav eller pass. Ren tölt klassas som den ovan beskrivna tölten, där ingen svävningsfas uppvisas och belastning överlappar så både diagonala och ipsilaterala benpar har liknande belastningsfaser. Vid passtaktig tölt ses fortsatt ingen svävningsfas, men den ipsilaterala stegfasen pågår den dubbla tiden gentemot den diagonala stegfasen och vid travtaktig tölt ses det motsatta förhållandet. Vid de två sista varianterna; fyrtaktig trav och fyrtaktig pass ses svävningsfaser som ersätter den ipsilaterala respektive diagonala stegfasen. Resultatet för studien visade att upp till tre olika varianter kunde ses för samma hastighet och att ren tölt enbart sågs inom ett hastighetsintervall av 2,41–4,20m/s. Även andra asymmetriska variationer av gångarterna uppvisades.

Vid trav har hästen ett diagonalt isättningsmönster där vänster bak och höger fram, respektive höger bak och vänster fram, belastas samtidigt med ett svävningsmoment däremellan (Robilliard *et al.* 2007). Islandshästens trav har studerats ytterligare och har i förhållande till varmblodiga hästar en signifikant kortare steglängd och högre stegfrekvens (Rhodin *et al.* 2022). Vid objektiv mätning av tre vanliga anatomiska landmärken; huvud, manke och bäcken, kunde Rhodin *et al.* (2022) fastställa att islandshästen har en mindre vertikal rörelse i trav än varmblodiga hästar, vilket kan vara en bidragande orsak till att en hältutredning av en islandshäst är mycket utmanande.

Vid jämförelse av islandshästens tölt och trav, är tölten en mer energikrävande gångart (Waldern *et al.* 2015). Utöver det skilda isättningsmönstret har gångarterna olika utseendeprofiler och egenskaper. Vid tölt är både hästens huvudhållning och bål högre buren än vid trav, samtidigt som en betydligt mindre vertikal rörelse i *sacrum* ses. Tölten har en kortare steglängd och följderna blir därtill en högre stegfrekvens. Vid observation av frambenens rörelse ses två skilda utseendeprofiler för tölt och trav där rörelsemönstret i tölt är spik-artat, med en kortare protraktion och retraktion samtidigt som belastningsfasen är kortare i förhållande till stegdurationen. För bakbenen är rörelsen i tölt i stället mer avrundad med en längre belastningsfas. Vid lägre tölthastighet ses mindre skillnader i bakbenen mellan trav och tölt, vid högre tölthastighet däremot blir protraktionen längre för tölt.

Slutligen kan islandshästen visa de snabbare gångarterna pass och galopp. Pass innebär att vänster bak- och framben respektive höger bak- och framben rör sig synkront och belastas samtidigt med en svävningssfas emellan isättning av respektive benpar (Robilliard *et al.* 2007). Galoppen som är asymmetrisk är i stället tre- eller fyrtaktig och delas in i höger respektive vänster galopp där klassningen görs utifrån vilket framben som leder språnget. För vänster galopp blir därmed isättningsmönster höger bak, höger fram, vänster bak, vänster fram, där höger fram sätts i strax innan eller samtidigt som vänster bak. Motsvarande mönster ses för höger galopp (Robilliard *et al.* 2007).

## 2.2 Hälta

I Sverige innebär begreppet hälta generellt att hästen uppvisar en smärtorsakad rörelseasymmetri. Hästen kompenserar för smärtan genom att förändra sitt normala rörelsemönster för att på olika sätt avlasta det smärtsamma området (Buchner *et al.* 1996a; b). Mer ingående kring rörelseasymmetrier presenteras under avsnitt 2.2.1 med fokus på den vertikala rörelsen i hästens överkropp.

Att korrekt identifiera det halta benet och vilka strukturer som är involverade är viktigt för att besluta om en lämplig behandling och rehabilitering. Både för erfarna och mindre erfarna veterinärer är detta dock ett mycket utmanande moment, framför allt vid bakheshältor (Keegan *et al.* 2010; Hammarberg *et al.* 2016). Vid datasimuleringar med markörer för *tuber coxae* krävdes en asymmetri med 25 % skillnad i amplitud för att både veterinärer och veterinärstudenter skulle uppfatta en skillnad (Parkes *et al.* 2009).

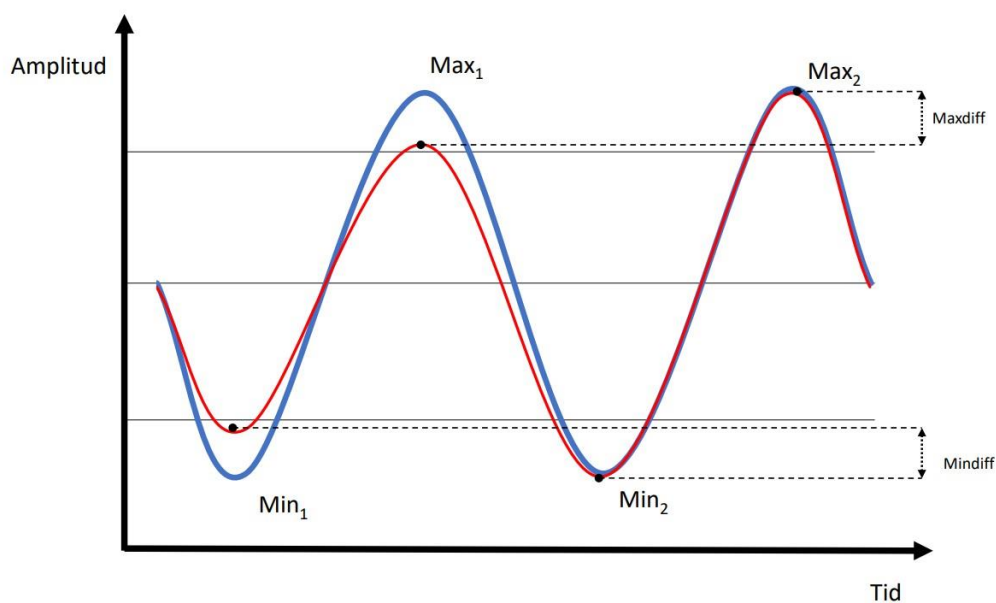
Vanligen innefattar en hältutredning en anamnestagning, en allmän klinisk undersökning och en bedömning av hästen i rörelse. Eftersom en del låggradiga hältor kan framhävas av rörelse på böjt spår (Rhodin *et al.* 2013) och av olika typer av underlag (Pfau *et al.* 2016), så brukar hältutredningen inkludera bedömning av hästen på rakt spår och på volt, samt på hårt och mjukt underlag. På så sätt kan veterinären få mer information om hältan. I många fall är en utökad rörelsebedömning med provokationstest och diagnostisk anestesi en nödvändighet och i vissa fall behövs komplettering med bilddiagnostik.

Diagnostisk anestesi används för att se om en misstänkt hälta kan bedövas bort och kan ofta ge information om vart problematiken sitter (Baxter *et al.* 2020). Vanliga typer av diagnostisk anestesi är så kallade ledningsanestesier (även kallade nervblockader), intra-artikulär anestesi och infiltrationsanestesi. Vid en ledningsanestesi injiceras ett bedövningsmedel i närheten av en nerv, den rekommenderade utredningsgången är att initialt placera bedövningen distalt på benet och om ingen

förändring ses därefter lägga en ny bedövning mer proximalt (Bassage & Ross 2011). Efter bedövning görs en utvärdering av veterinären, med fokus på om rörelsemönstret har ändrats eller ej. Det önskade resultatet är att hältan helt försvinner, ofta bedöms dock den diagnostiska anestesin som positiv eller partiellt positiv då rörelsemönstret får en betydande förändring även om viss asymmetri kvarstår.

## 2.2.1 Rörelseasymmetrier

Trav har ett återkommande cykliskt mönster och lämpar sig därför väldigt väl för att mäta rörelseasymmetrier. I det här examensarbetet kommer fokus att ligga på forskning kring rörelseasymmetrier uppmätta hos den travande hästen, på rakt spår samt på volt (delkapitel 2.3). När man plottar den vertikala rörelsen av huvud och *pelvis* hos en travande häst får man en sinuskurva (figur 1) med två maximumpunkter respektive två minimumpunkter under varje stegcykel, där ett symmetriskt mönster av kurvan tyder på en ohalt häst (Buchner *et al.* 1996a). I studien av Buchner *et al.* (1996a) utfördes mätningar av den vertikala rörelsen, hastighet och acceleration för punkter på huvudet, manken, i mittlinjen mellan båda sidors *tuber sacrale* och båda *tuber coxae*. Parametrarna för huvud, *tuber sacrale* och *tuber coxae* visades lämpa sig väl för att identifiera fram- respektive bakbenshåltor. Manken ansågs däremot mindre lämpad till följd av att ändringarna i studien var numeriskt mindre, vilket skulle kunna öka risken att missa lågradiga hältor.



Figur 1. Illustration av en stegcykel i trav. Blå linje visar huvud/pelvis vertikala rörelse under en fullständig stegcykel för en ohalt häst. Röd linje illustrerar motsvarande för en häst med håltor. Minimipunkterna infaller under belastningsfasen för respektive vänster och höger framben/bakben. Maximipunkterna infaller strax efter frånskjut av respektive benpar. Differensen för minimipunkterna (mindiff) respektive maximipunkterna (maxdiff) kan beräknas för varje stegcykel.

Studien visade även att för huvudet fås värdet för maximipunkterna strax efter att hästen skjuter ifrån respektive framben från marken, medan värdena för minimipunkterna fås mitt under respektive belastningsfas (Buchner *et al.* 1996a). Motsvarande ses för *pelvis*, då värdena i stället representerar bakbenens symmetri. För varje stegcykel kan en minimumdifferens (HD<sub>min</sub> för huvud, PD<sub>min</sub> för *pelvis*), som är skillnaden mellan minimipunkterna och en maximumdifferens (HD<sub>max</sub> för huvud, PD<sub>max</sub> för *pelvis*), som är skillnaden mellan maximipunkterna beräknas och presenteras som ett medelvärde över ett större antal steg. En helt symmetrisk häst får både en maximumdifferens och en minimumdifferens nära noll, det vill säga att både höger och vänster sida rör sig likadant. Vid en ökande hälta ökar asymmetrin mellan de två kurvorna för stegcykeln och hälтан kan kvantifieras (Buchner *et al.* 1996a). Vid en frambenshälta ses att minimumpositionen för huvudet inte är lika låg vid belastning av det halta frambenet som vid belastning av det ohalta benet. Även maximumpositionen kan reduceras efter frånskjut av det halta benet. I flera fall ses båda dessa mönster samtidigt, när förändringarna ses separat kan de benämnas som belastningshälta och frånskjutshälta. Visuellt resulterar ändringen av huvudets position i en huvudnickning, där huvudet ses ”nicka ner” på det ohalta frambenet. Vid en separat studie av islandshästen konstaterades att liknande mönster som ses i trav vid frambenshälta hos varmblood även ses hos islandshästen (Smit *et al.* 2023). Vid bakbenshälta ses att *tuber sacrale* inte sjunker lika djupt vid belastning av det halta bakbenet och inte skjuter ifrån lika högt efter belastningsfasen (Buchner *et al.* 1996a). Även *tuber coxae*'s rörelseamplitud i vertikal riktning kan användas som mått för bakbenshälta, så kallad ”hip hike”, det vill säga skillnaden mellan båda sidornas rörelseamplitud som ses innan isättning av motsvarande bakben. En ökad amplitud ses för det halta bakbenet (May & Wyn-Jones 1987) och en ”hip hike difference” kan beräknas. Huvud, manke och *pelvis* har även olika rörelseintervall (range of motion, ROM) och får till följd olika storlek på rörelseomfång. Beroende på om differensen får ett positivt eller negativt utslag kan riktningen på asymmetrin avgöras, det vill säga om asymmetrin är kopplad till höger eller vänster ben.

I samband med en primär hälta i ett fram- respektive bakben kan så kallade kompensatoriska rörelsemönster uppstå (Kelmer *et al.* 2005). Det innebär att samtidigt som rörelseförändringar ses vid primärhåltan ses även rörelseförändringar vid andra lokalisationer som inte primärt påverkas av det halta benet, exempelvis kan förändringar för huvudets rörelse ses samtidigt som en bakbenshälta. Vid ett kompensatoriskt rörelsemönster kommer en diagnostisk anestesi som släcker den primära håltan även släcka kompensationen (Marunova *et al.* 2022). Ett vanligt kompensatoriskt mönster som observeras vid bakbenshälta är en huvudnickning vid belastning av det halta bakbenet (May & Wyn-Jones 1987; Rhodin *et al.* 2013; Maliye & Marshall 2016; Phutthachalee *et al.* 2021; Persson-Sjödén *et al.* 2024). Kinematiskt ses att vid en bakbenshälta minskar amplituden av huvudets minimum-

och maximumpunkter för det ipsilaterala frambenet, vilket liknar mönstret som ses vid frambenshälta. Storleken på det kompensatoriska mönstret har skiljt sig i studier. Buchner *et al.* (1996a) beskriver att vid en dubblering av bakbenshåltan ökar asymmetrin för huvudet med 50 %. Både Rhodin *et al.* (2013) och Persson-Sjödén *et al.* (2024) presenterar i stället resultat där huvudasymmetrin och pelvisasymmetrin är av likartad storlek, medan Marunova *et al.* (2022) visar kompensatoriska förändringar för huvudet av mindre karaktär.

De kompensatoriska mönstren för en primär frambenshälta är inte lika konsekventa som mönstret för bakbenshälta, utan kan visa förändringar både på det ipsilaterala och kontralaterala bakbenet (Rhodin *et al.* 2013). *Pelvis* får en mindre kompensation vid en frambenshälta än vad huvudet får vid en bakbenshälta (Rhodin *et al.* 2013; Marunova *et al.* 2022). Den vanligaste kompensationen beskrivs vara en kompensation i det kontralaterala bakbenet, då maximumpunkten för *pelvis* generellt blir lägre (Maliye *et al.* 2013; Marunova *et al.* 2022). I en studie gjord med islandshästar med inducerad frambenshälta sågs dock endast en mindre kompensation hos *pelvis* maximumpunkt (Smit *et al.* 2023). Kompensation i det ipsilaterala bakbenet är mindre beskrivet, men har beskrivits hos hästar med inducerad hälta där minimumpositionen blev högre (Rhodin *et al.* 2013; Smit *et al.* 2023).

Mankens rörelsemönster förändras vid hälta men av mindre magnitud än huvud och *pelvis* (Buchner *et al.* 1996a). Dess rörelsemönster har dock visat sig vara av betydelse vid differentiering av primära hältor och kompensatoriska mönster som efterliknar hälta (Rhodin *et al.* 2018; Persson-Sjödén *et al.* 2024). En primär bakbenshälta som uppvisar en kompensatorisk huvudnickning vid belastning av det halta benet kan misstas för att hästen har en ipsilateral frambenshälta. Genom att jämföra mankens rörelsemönster med huvudet och *pelvis* kan det bidra till särskiljningen av när huvudnickningen härrör till en primär frambenshälta eller primär bakbenshälta. Huvudet och manken har ett synkront mönster och förändras likartat vid en frambenshälta. När huvud och manke ger indikationer om samma framben är detta sannolikt en äkta frambenshälta. Det sambandet har även setts för islandshästen vid frambenshälta (Smit *et al.* 2023). Ger däremot huvudet och manken indikationer om olika framben kan det tyda på att hältan har sitt ursprung i ett bakben (Persson-Sjödén *et al.* 2024).

Kunskapen kring hur hältor uppträder i tölt inte är lika välkänt, men nyligen har det visats att hur frambenshälta uppträder i trav och tölt skiljer sig från varandra. Smit *et al.* (2023) fann att vid tölt sågs inte samma huvudnickning som vid trav, utan i stället var maximumpunkterna hos huvud och *pelvis* mer konsekventa. Huvudets rörelse nådde en lägre maxpunkt efter frånskjut av det halta frambenet medan *pelvis* maxpunkt var lägre när det halta frambenet var under belastning gentemot när det



friska frambenet belastades. Hästen kompenserade dessutom genom en tidigare isättning av det friska benet, vilket är ett samband man även sett för trav. Liknande studier för bakbenschälta hos islandshästen saknas.

## 2.3 Voltspår

Vid longering eller rörelse på volt påverkas hästen av centripetalkraften och kroppen får en lutning inåt (Clayton & Sha 2006). Följden av detta blir ett förändrat rörelsemönster hos hästens överlinje, även kallad den naturliga voltasymmetrin (Starke *et al.* 2012; Rhodin *et al.* 2016; Pfau *et al.* 2016).

En sådan voltorsakad asymmetri är att *pelvis* får en högre minimumpunkt för det inre bakbenet, vilket kan efterlikna en liten hälta på inner bakben då hästen inte sjunker ner lika djupt vid belastningen av benet (Starke *et al.* 2012; Pfau *et al.* 2016; Rhodin *et al.* 2016). Liknande asymmetri för frambenet har även påvisats, där huvudet har en högre minimumpunkt vid belastning av det inre frambenet, vilket då efterliknar en liten frambenschälta på det inre benet (Starke *et al.* 2012; Pfau *et al.* 2016). I kontrast till detta sågs dock i en annan studie att huvudets minimumpunkt är högre för det yttre frambenet hos majoriteten av hästarna (Rhodin *et al.* 2016). Maximumpunkterna för huvud och pelvis har i en del studier haft svårtolkade resultat men indikerat att huvudet når en lägre maximumpunkt efter frånskjut av det inre frambenet och att pelvis blir lägre efter frånskjut av det yttre bakbenet (Rhodin *et al.* 2016).

Volten kan även göra att en asymmetri eller hälta förstärks eller försvagas beroende på vilken placering det halta benet har på volten (Rhodin *et al.* 2013). En bakbenschälta verkar bli förstärkt när det halta benet är innerben på volten, med en större asymmetri för PDmin. Vid inducerad frambenschälta har en förstärkt asymmetri setts när det halta benet är ytterben på volten (Rhodin *et al.* 2013) men indikationer på det motsatta sambandet har också setts, där hästar med frambenschälta fick en ökad asymmetri när frambenet placerades innerst (Pfau *et al.* 2016). Det finns därmed fortsatt ovisshet kring voltens påverkan på rörelsemönstret, och hur det påverkas av hälta. Därtill visar inte alla ohalta hästar samma voltasymmetri i båda varven (Rhodin *et al.* 2016).

För en ohalt häst har inte underlaget visats ha en signifikant påverkan på rörelseasymmetrin, däremot för en häst med frambenschälta har ett hårt underlag setts förstärka asymmetrin när frambenet placeras innerst på volt (Pfau *et al.* 2016). I studien av Marunova *et al.* (2022) sågs istället att underlaget inte påverkade huvudets asymmetri, men att viss påverkan kan ses för manke och *pelvis*. Hardeman *et al.* (2019) studerade variationen mellan likvärdiga mätningar hos ohalta hästar

och såg större variationer mellan olika underlag, där hårt underlag gav en mindre variation än mjukt.

## 2.4 Objektiva mätsystem

Eftersom lågradiga hältor kan vara svåra att bedöma subjektivt (Keegan *et al.* 2010) kan objektiva mätsystem bidra till bedömningen. Objektiva mätsystem baseras idag på kinetiska eller kinematiska system (Keegan 2007). System som bygger på kinetik, där stationära tryckplattor är vanligast, mäter ”ground reaction force” (GRF). Det innebär att det är kraften som marken möter hoven med vid isättning som mäts, vilket är lika stor kraft som hovens isättning genererar men i motsatt riktning (Clayton 2005). Hos en ohalt häst belastas båda sidor lika mycket. En halt häst däremot försöker avlasta det ben som ger smärta och därmed minskar GRF, vilket bland annat studerats genom att en hälta inducerats med en hästsko som ger reglerbart tryck under sulan (Merkens & Schamhardt 1988). I samma studie visades även hur diagnostisk anestesi återställer symmetrin.

De kinematiska systemen studerar istället hästens rörelsemönster, de kompensationer hästen använder för att avlasta benet (Keegan 2007). Dessa rörelseförändringar kan analyseras utifrån olika anatomiska hållpunkter. Ett välstuderat system som räknas som gold standard för kinematiska system är ”optical motion capture” (OMC) vilket innebär att reflekterande markörer fästs på hästen och flera steg kan analyseras med hjälp av stationära kameror. En annan typ av kinematiskt system är IMU-baserade system, som fungerar genom att trådlösa sensorer, som registrerar data för acceleration, fästs direkt på hästen (Crecan & Peștean 2023). Beroende på vilket system som används kan olika antal sensorer användas. Ett av dessa system är EquiMoves (Bosch *et al.* 2018), vilket är systemet som används i detta examensarbete.

Då OMC är det kinematiska system som anses vara av högst standard har jämförande mätningar med IMU-baserade system gjorts (Keegan *et al.* 2004; Bosch *et al.* 2018). Överensstämmelse mellan systemen har visats vara hög för både för fram- och bakbenshältor. En förutsättning för att ett system ska fungera som ett pålitligt hjälpmedel är att resultaten för likartade mätningar behöver vara jämförbara. Detta undersöktes i studien av Keegan *et al.* (2011) där upprepade mätningar, med ett IMU-baserat system, av halta hästar visade ge resultat utan signifikanta skillnader. Det indikerar att system med IMU-sensorer kan vara ett välfungerande komplement vid hältutredningar. IMU-baserade system kan användas för att automatiskt identifiera gångarter vilket i studien av Serra Breganca *et al.* (2020) visade på en väldigt hög förmåga av korrekt bedömning.

Vid sammanställning och jämförelse av flera olika kinetiska och kinematiska studier i en reviewartikel framhålls att objektiva mätsystem är ett användbart hjälpmedel ur ett kliniskt perspektiv då upprepbarhet kan ses mellan resultaten (Serra Bragança *et al.* 2018). Systemen har olika begränsningar med avseende på vilka faciliteter som krävs och huruvida uppmätta värden bygger ett genomsnitt av ett större antal steg. IMU kan vid jämförelse med OMC inte ersätta den precision som uppnås med OMC men kräver inte samma faciliteter. Reviewartikeln lyfter även fram det faktum att även hästar som bedömts som ohalta och i träning visat asymmetrier som inte med säkerhet kan sägas beror på naturlig avvikelser eller smärta. Detta kan exemplifieras av Rhodin *et al.* (2017) studie där 72,5 % av hästarna visade rörelseasymmetrier, trots att de enligt hästägarna bedömts ohalta.

## 3. Material och metoder

### 3.1 Urval

Inkluderingskriterierna för hästarna som användes i studien var islandshästar med en primär bakbenshälta där hältan släcktes på rakt spår efter diagnostisk anesthesi. För att den diagnostiska anesthesin skulle bedömas som positiv krävdes en förbättringsgrad med minst 50 % för PD<sub>min</sub>, samt att hästen subjektivt bedömdes vara mindre halt eller ohalt.

Insamlingen av data skedde på Island och för att rekrytera lämpliga objekt användes islandshästar som var inbokade till en erfaren veterinär för hältundersökning på grund av en klinisk hälta eller rörelsestörning. Ytterligare kandidater valdes även ut av islandshästar som ej var inbokade för hältundersökning men där misstanke om förekomst av rörelsestörningar förelåg. Dessa hästar filmades initialt med AI-applikatorn ”Sleip” som tillsammans med subjektiv rörelsebedömning gick vidare till utökad hältundersökning.

### 3.2 Genomförande

En anamnes kring hästens problematik togs innan hästarna undersöktes kliniskt av ansvarig veterinär. Därefter gjordes en subjektiv rörelsebedömning samt i enskilda fall även bilddiagnostik.

För den objektiva rörelseundersökningen placerades nio stycken IMU-sensorer tillhörande rörelsesystemet EquiMoves (Bosch *et al.* 2018) på hästen; på huvudet, manken, *sacrum*, vardera *tuber coxae* samt lateralt strax distalt om *carpus/tarsus* på alla fyra benen. Huvudets sensor centrerades högst upp i grimmans nackrem och fästes med tejp. Mankens sensor hölls på plats med hjälp av en gjord. Sensorerna för *sacrum* och *tuber coxae* sattes fast med tejp direkt på hästen. Benens sensorer sattes fast på benskydd. Hästarna fick sedan skrittas en kort stund för att vänja sig vid sensorerna innan mätningen påbörjades.

Inför varje mätning kalibrerades sensorerna mot programvaran EquiMoves och en videokamera för filmning av hästarna startades samtidigt. Filmningen användes till att jämföra med mätningen för att inte avvikande värden skulle misstolkas. Videokameran placerades så hästen filmades bakifrån alternativt framifrån på rakt spår och på voltspåret skedde filmningen utanför volten. I första hand placerades videokameran på ett stativ, när det ej var möjligt var videokameran handhållen. Hästarna mättes därefter i trav på rakt spår över en sträcka på 20–40 meter fram och tillbaka en till två gånger och sedan på böjt spår under en minut för vardera varvet. Typ av underlag noterades men var ej standardiserat. I första hand visades hästarna på rakt spår och volt av den som var ansvarig eller kände hästen, i de fall det ej var möjligt visades hästen av en hästvan veterinärstudent. Personen som hanterade hästen ombads visa hästen i trav och att undvika att störa hästens rörelser i möjligaste mån. Hästarna tilläts välja tempo själva, så länge de upprätthöll trav.

Utifrån den samlade bilden bedömde ansvarig veterinär om hästen ansågs lämplig för diagnostisk anestesi. Ansvarig veterinär bedömde även vilken typ samt injicerade den diagnostiska anestesin. Mepivakain 20mg/ml användes som bedövningsmedel.

Sensorerna kalibrerades sedan om på nytt och en ny videoinspelning startades. Hästen mättes om enligt samma rutin på rakt och böjt spår. Ansvarig veterinär fattade sedan beslut, efter subjektiv- och objektiv rörelsebedömning, om hältan hade släckts på rakt spår. Om hältan ej släcktes beslutades det om ny diagnostisk anestesi var aktuellt att gå vidare med och hästen bedövades i sådana fall på nytt och ny mätning enligt tidigare rutin utfördes. I de två fall där den hältan ej släcktes gjordes en plan upp utifrån hästarnas symptombild efter konsultation mellan djurägare och veterinär.

### 3.3 Objektiv rörelsemätning

Det objektiva mätsystemet EquiMoves användes för att mäta islandshästarnas rörelsemönster. De trådlösa IMU-sensorerna registrerar synkroniserat rörelsedata i realtid med hjälp av en 3D-accelerometer (Bosch *et al.* 2018). Det är sensorernas acceleration och därmed accelerationen för det kroppssegment som IMU-sensorn var placerad på som registrerades. Varje IMU-sensor skickar sedan automatiskt rådata till en mottagare som är uppkopplad mot en dator med EquiMoves programvara installerad. Rådata från varje sensor bearbetas och bryts ner till värden för olika stegfaser och programvaran presenterar en rörelseanalys.

### 3.4 Hantering av data

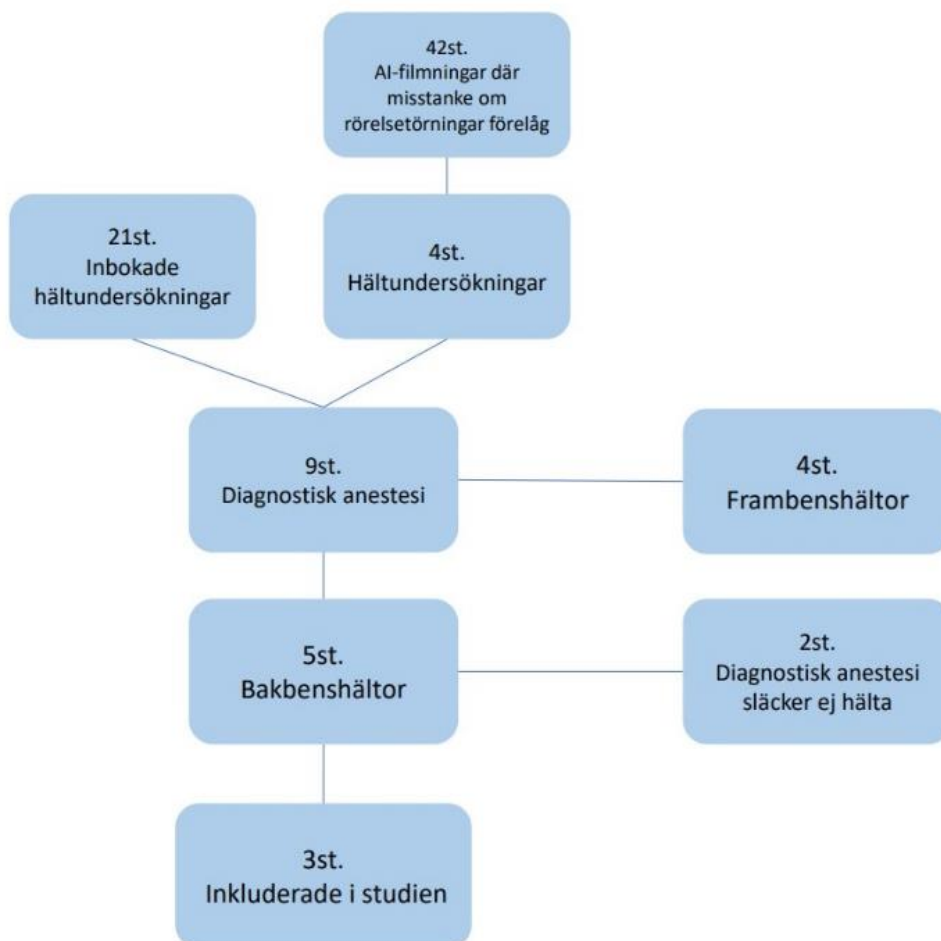
Kriteriet för val av mätsekvenser var att den skulle innehålla minst 20 travsteg. I de fall flera mätsekvenser uppfyllde kriteriet valdes den första mätsekvensen. Om ingen mätsekvens uppfyllde kriteriet valdes den med flest antal steg.

För varje häst och mätsekvens noterades värdena för symmetriparametrarna; HDmin/HDmax för huvudet, WDmin/WDmax för manken, PDmin/PDmax för pelvis framtagna enligt Figur 1, samt respektive standardavvikelse, antal steg och stegduration. Positiva värden för mindiff för de olika anatomiska värdena (HDmin, WDmin och PDmin) och maxdiff (HDmax, WDmax och PDmax) indikerar asymmetrier kopplade till höger sida, medan negativa värden visar motsvarande för vänster sida. Data sammanställdes och utifrån de noterade värdena beräknades skillnaden i millimeter och procent för värdena innan och efter diagnostisk anestesi. För mindiff beräknades skillnaden innan och efter diagnostisk anestesi enligt  $mindiff_2 - mindiff_1$  och skillnaden för maxdiff beräknades enligt samma metod. En positiv skillnad innebar att asymmetrin blev mer högersidig och en negativ skillnad innebär att asymmetrin blev mer vänstersidig efter diagnostisk anestesi. Procentskillnaden innan och efter diagnostisk anestesi presenteras även för rakt spår.

Relativa förändringar för PDmin och HDmin samt WDmin presenteras i de fall hältan släckte enligt PDmin. De beräknades då enligt  $\frac{\Delta HDmin}{\Delta PDmin}$  samt  $\frac{\Delta WDmin}{\Delta PDmin}$ .

## 4. Resultat

Ursprungligen fanns 63 stycken islandshästar som möjliga objekt till studien, varav 25 av dessa genomgick en fullständig hältundersökning (figur 2). Av dessa var det sedan nio stycken där det bedömdes lämpligt att gå vidare med diagnostisk anestesi, varav fem var bakbenshältor. I tre fall släcktes hältan på rakt spår efter diagnostisk anestesi och dessa blev då inkluderade i studien. De hästar som inkluderades var tre islandshäststom i åldrarna 6, 11 och 16 år.



Figur 2. Urvalsprocessen för de hästar som inkluderades och exkluderades i studien.

**Häst 1** uppvisade initialt en hälta på vänster bakben på rakt spår och initialt lades en "low 4-point"-nervblockad som ej släckte hältan. Därefter lades en bedövning av proximala gaffelbandsfästet som bedömdes positiv då PDmin förändras med 198,70 % på rakt spår. Förändringen innebär att hältan vänster bak släcker helt och hästen uppvisar en nästan lika stor asymmetri som nu indikerar en hälta på höger bakben.

Stegantalet på rakt spår innan bedövning var 11 steg, mätsekvensen efter bedövning av proximala gaffelbandsfästet var 17 steg. Stegdurationen var 0,62s-0,71s och skillnaden för samma typ av mätning innan och efter anestesi var maximalt 0,02s.

För både vänster och höger voltvarv ses efter diagnostisk anestesi liknande förändringar av PDmin som förändras i positiv riktning om drygt 8 millimeter vilket innebär en minskning av vänster bakbenshälta även på voltspår (tabell 1). PDmax förändras i negativ riktning i båda varven och efter frånskjut av vänster bakben ses en lägre maxpunkt.

HDmin har en negativ asymmetri i både vänster och höger varv både innan och efter anestesi, vilket innebär en vänstersidig asymmetri. Efter diagnostisk anestesi minskar amplituden i båda varven. HDmax är positiv innan och efter diagnostisk anestesi i vänster varv och negativ innan och efter diagnostisk anestesi i höger varv, båda värdena förändras i en positiv riktning.

WDmin förändras med cirka 6 millimeter i negativ riktning för både vänster och höger varv och WDmax förändras med mindre än 3 millimeter i båda varven.

Vid släckning av hältan ses i vänster varv att för varje millimeter förändring i PDmin ändras i höger riktning ändras HDmin i samma riktning med 1,56 millimeter, medan WDmin ändras med 0,69 millimeter i kontralateral riktning. För varje millimeter PDmin förändras i höger riktning i höger varv så ändras HDmin i samma riktning med 0,54 millimeter medan WDmin ändras med 0,71 millimeter i kontralateral riktning.



Tabell 1. Värden för häst 1. Övre tabellen visar mindiff och maxdiff i millimeter för huvud (HDmin och HDmax), manke (WDmin och WDmax) och sacrum (PDmin och PDmax) innan och efter diagnostisk anestesi i vänster och höger voltvarv. Även standardavvikelse (SD) och antal steg presenteras. Undre tabellen visar skillnaden ( $\Delta$ ) mellan mätsekvenserna innan och efter diagnostisk anestesi i millimeter och procent, här presenteras även skillnaden för rakt spår i procent. Positivt värde innebär en högersidig asymmetri och negativt värde innebär en vänstersidig asymmetri.

### Häst 1

	HDmin ( $\pm$ SD)	HDmax ( $\pm$ SD)	WDmin ( $\pm$ SD)	WDmax ( $\pm$ SD)	PDmin ( $\pm$ SD)	PDmax ( $\pm$ SD)	Antal steg
<b>Volt vänster</b>							
Innan	-22 ( $\pm$ 20,8)	7,5 ( $\pm$ 21,7)	-4,4 ( $\pm$ 8,1)	6 ( $\pm$ 5,8)	-20,1 ( $\pm$ 9,7)	1,5 ( $\pm$ 5,9)	73
Efter	-8,9 ( $\pm$ 22,3)	29,6 ( $\pm$ 23,4)	-10,2 ( $\pm$ 9,7)	8,4 ( $\pm$ 8,2)	-11,7 ( $\pm$ 9,4)	-2,6 ( $\pm$ 6)	32
<b>Volt höger</b>							
Innan	-17,5 ( $\pm$ 20,8)	-32,9 ( $\pm$ 39,3)	6 ( $\pm$ 7,2)	-8,3 ( $\pm$ 10,5)	10,2 ( $\pm$ 13,5)	-7,3 ( $\pm$ 8,3)	66
Efter	-12,8 ( $\pm$ 18,8)	-25,5 ( $\pm$ 31,4)	-0,2 ( $\pm$ 5,8)	-9,2 ( $\pm$ 9,7)	18,9 ( $\pm$ 8,4)	-8,9 ( $\pm$ 7,4)	44
	HDmin	HDmax	WDmin	WDmax	PDmin	PDmax	
<b>Rakt <math>\Delta</math>%</b>	<b>20,21</b>	<b>63,91</b>	<b>-237,78</b>	<b>137,04</b>	<b>198,70</b>	<b>98,53</b>	
<b>Volt vänster</b>							
$\Delta$ mm	13,1	22,1	-5,8	2,4	8,4	-4,1	
$\Delta$ %	59,55	294,67	-131,82	40	41,79	-273,33	
<b>Volt höger</b>							
$\Delta$ mm	4,7	7,4	-6,2	-0,9	8,7	-1,6	
$\Delta$ %	26,86	22,49	-103,33	-10,84	85,29	-21,92	

**Häst 2** uppvisade initialt en hälta på vänster bakben och en ”low 4-point”-nervblockad lades som släckte hältan på rakt spår med 60,68 % enligt PDmin.

För rakt spår var stegantalet 19 respektive 20 steg. Stegduration var 0,55s-0,62s och skillnaden för samma typ av mätning innan och efter anestesi var maximalt 0,07s.

I tabell 2 ses att i höger varv förändras PDmin med 15,5 millimeter i positiv riktning vilket innebär minskad vänstersidig asymmetri och att hältan släcker. I vänster varv är förändringen 1,2 millimeter i negativ riktning vilket innebär ökad vänstersidig asymmetri och att hältan därmed inte släcks. PDmax förändras i positiv riktning för båda varven.

HDmin förändras i positiv riktning om 10–13 millimeter för både vänster och höger varv vilket innebär minskad vänstersidig asymmetri. Även HDmax förändras i en positiv riktning, och resulterar i en högersidig asymmetri i vänster varv medan den förblir vänstersidig i höger varv. Efter anestesi är HDmax storleksmässigt mycket lik i båda varven.

WDmin förändras i negativ riktning i båda varven. Efter anestesi blir storleken på mankens asymmetri mer likartad för varven. WDmax förändras med mindre än 2 millimeter i båda varven.

I höger varv, där hältan släcker, ses att för varje millimeter som PDmin förändras i höger riktning så ses en förändring av HDmin i samma riktning om 0,81 millimeter, samt en förändring i kontralateral riktning om 0,8 millimeter för WDmin.

Tabell 2. Värden för häst 2. Övre tabellen visar mindiff och maxdiff i millimeter för huvud (HDmin och HDmax), manke (WDmin och WDmax) och sacrum (PDmin och PDmax) innan och efter diagnostisk anestesi i vänster och höger voltvarv. Även standardavvikelse (SD) och antal steg presenteras. Undre tabellen visar skillnaden ( $\Delta$ ) mellan mätsekvenserna innan och efter diagnostisk anestesi i millimeter och procent, här presenteras även skillnaden för rakt spår i procent. Positivt värde innebär en högersidig asymmetri och negativt värde innebär en vänstersidig asymmetri.

### Häst 2

	HDmin ( $\pm$ SD)	HDmax ( $\pm$ SD)	WDmin ( $\pm$ SD)	WDmax ( $\pm$ SD)	PDmin ( $\pm$ SD)	PDmax ( $\pm$ SD)	Antal steg
<b>Volt vänster</b>							
Innan	-19,5 ( $\pm$ 20,2)	-1,2 ( $\pm$ 14,4)	-2,1 ( $\pm$ 6)	5,1 ( $\pm$ 7,2)	-15,2 ( $\pm$ 35,9)	2,5 ( $\pm$ 8,1)	89
Efter	-8,9 ( $\pm$ 18,7)	3,5 ( $\pm$ 20,3)	-6,7 ( $\pm$ 11,5)	4 ( $\pm$ 14)	-16,4 ( $\pm$ 19,7)	10,9 ( $\pm$ 9,7)	86
<b>Volt höger</b>							
Innan	-12,3 ( $\pm$ 22,8)	-17,1 ( $\pm$ 24,8)	26,6 ( $\pm$ 13,5)	-6,4 ( $\pm$ 9,9)	-14,7 ( $\pm$ 10)	-12,4 ( $\pm$ 9,3)	113
Efter	0,2 ( $\pm$ 14)	-3,2 ( $\pm$ 16,8)	14,2 ( $\pm$ 8,1)	-5,9 ( $\pm$ 6,5)	0,8 ( $\pm$ 7,3)	6,3 ( $\pm$ 7,5)	94
	HDmin	HDmax	WDmin	WDmax	PDmin	PDmax	
<b>Rakt <math>\Delta</math>%</b>	<b>133,33</b>	<b>14,29</b>	<b>-66,67</b>	<b>-175</b>	<b>60,68</b>	<b>181,25</b>	
<b>Volt vänster</b>							
$\Delta$ mm	10,6	4,7	-4,6	-1,1	-1,2	8,4	
$\Delta$ %	54,36	391,67	-219,05	-21,57	-7,89	336	
<b>Volt höger</b>							
$\Delta$ mm	12,5	13,9	-12,4	0,5	15,5	18,7	
$\Delta$ %	101,63	81,29	-46,62	7,81	105,44	150,81	

**Häst 3** uppvisade initialt en hälta på höger bakben och en "low 4-point" nervblockad lades. Resultatet visar att höger bakbenshälta släcker med 50,56 % på rakt spår enligt PDmin.

För rakt spår var stegantalet 12 steg för båda mätningarna. Stegduration var 0,61s-0,64s och skillnaden för samma typ av mätning innan och efter anestesi var maximalt 0,03s.

I tabell 3 ses att PDmin har en högersidig asymmetri i båda varven som förändras i positiv riktning med mindre än 3 millimeter vilket innebär en marginellt ökad högersidig asymmetri. PDmax förändras med mindre än 3 millimeter i negativ respektive positiv riktning för vänster respektive höger varv.

HDmin och HDmax förändras i negativ riktning i vänster voltvarv och i positiv riktning i höger voltvarv. HDmin får en vänstersidig asymmetri i vänster varv och en ökad högersidig asymmetri i höger varv. HDmax har i vänster varv fortsatt en högersidig asymmetri och i höger varv fortsatt en vänstersidig asymmetri.

WDmin förändras i positiv riktning i vänster varv och negativ riktning i höger varv, det motsatta ses för WDmax.

Tabell 3. Värden för häst 3. Övre tabellen visar mindiff och maxdiff i millimeter för huvud (HDmin och HDmax), manke (WDmin och WDmax) och sacrum (PDmin och PDmax) innan och efter diagnostisk anestesi i vänster och höger voltvarv. Även standardavvikelse (SD) och antal steg presenteras. Undre tabellen visar skillnaden ( $\Delta$ ) mellan mätsekvenserna innan och efter diagnostisk anestesi i millimeter och procent, här presenteras även skillnaden för rakt spår i procent. Positivt värde innebär en högersidig asymmetri och negativt värde innebär en vänstersidig asymmetri.

### Häst 3

	HDmin ( $\pm$ SD)	HDmax ( $\pm$ SD)	WDmin ( $\pm$ SD)	WDmax ( $\pm$ SD)	PDmin ( $\pm$ SD)	PDmax ( $\pm$ SD)	Antal steg
<b>Volt vänster</b>							
<b>Innan</b>	<b>0,6</b> ( $\pm$ 10,3)	<b>43,8</b> ( $\pm$ 24,1)	<b>-4,3</b> ( $\pm$ 11,9)	<b>21,2</b> ( $\pm$ 9,1)	<b>4,9</b> ( $\pm$ 6,8)	<b>2,8</b> ( $\pm$ 6,2)	<b>79</b>
<b>Efter</b>	<b>-3,7</b> ( $\pm$ 7,5)	<b>21,5</b> ( $\pm$ 14,3)	<b>-0,2</b> ( $\pm$ 4,6)	<b>14,8</b> ( $\pm$ 6,2)	<b>5,7</b> ( $\pm$ 7,8)	<b>0</b> ( $\pm$ 6,5)	<b>87</b>
<b>Volt höger</b>							
<b>Innan</b>	<b>16,7</b> ( $\pm$ 10)	<b>-16,8</b> ( $\pm$ 23,6)	<b>7,8</b> ( $\pm$ 8,3)	<b>-3,5</b> ( $\pm$ 9,8)	<b>2,7</b> ( $\pm$ 4,2)	<b>0,9</b> ( $\pm$ 5,7)	<b>105</b>
<b>Efter</b>	<b>22,7</b> ( $\pm$ 7,9)	<b>-3,8</b> ( $\pm$ 12,7)	<b>6,4</b> ( $\pm$ 6,1)	<b>0,8</b> ( $\pm$ 5,1)	<b>5</b> ( $\pm$ 5)	<b>1,9</b> ( $\pm$ 5,8)	<b>97</b>
	<b>HDmin</b>	<b>HDmax</b>	<b>WDmin</b>	<b>WDmax</b>	<b>PDmin</b>	<b>PDmax</b>	
<b>Rakt <math>\Delta</math>%</b>	<b>-33,48</b>	<b>-9,66</b>	<b>627,27</b>	<b>1,06</b>	<b>-50,56</b>	<b>-324,14</b>	
<b>Volt vänster</b>							
<b><math>\Delta</math>mm</b>	<b>-4,3</b>	<b>-22,3</b>	<b>4,1</b>	<b>-6,4</b>	<b>0,8</b>	<b>-2,8</b>	
<b><math>\Delta</math>%</b>	<b>-716,67</b>	<b>-50,91</b>	<b>95,35</b>	<b>-30,19</b>	<b>16,33</b>	<b>-100</b>	
<b>Volt höger</b>							
<b><math>\Delta</math>mm</b>	<b>6</b>	<b>13</b>	<b>-1,4</b>	<b>4,3</b>	<b>2,3</b>	<b>1</b>	
<b><math>\Delta</math>%</b>	<b>35,93</b>	<b>77,38</b>	<b>-17,95</b>	<b>122,86</b>	<b>85,19</b>	<b>111,11</b>	

## 5. Diskussion

Syftet med examensarbetet var att öka kunskapen kring islandshästens kompensatoriska rörelsemönster på böjt spår vid en bakbenschälta och hypotesen som ställdes upp var att skillnader skulle finnas mot det kompensatoriska rörelsemönster varmblodiga hästar generellt uppvisar. Nedan följer först en detaljerad diskussion kring varje hästs kompensatoriska mönster och sedan en sammantagen diskussion och slutsats.

### 5.1 Häst 1

Förändringen av PD<sub>min</sub> på voltspåren innebär att primärhåltan som släckte på rakt spår även släcker på volten. Det förväntade symmetrimönstret på volt är att pelvis får en minimumpunkt som är högre vid belastning av det inre bakbenet, det vill säga inte sjunker ner lika djupt på det inre bakbenet (Starke *et al.* 2012; Pfau *et al.* 2016; Rhodin *et al.* 2016). Innan diagnostisk anestesi ses detta mönster i både vänster och höger varv, men vänster varv har nästan den dubbla asymmetristorleken. Efter den diagnostiska anestesin blir asymmetrin i vänster varv nära halverad medan den i höger varv ökar avsevärt. Detta tolkas som att asymmetrin hos bäckenet precis som på rakt spår byter ben och nu ger indikation om en hälta på höger bakben som förstärks som innerben på volten. Å andra sidan går PD<sub>max</sub> i negativ riktning så att hästen efter diagnostisk anestesi får en vänstersidig asymmetri i båda varv. Detta innebär att maxpunkten för pelvis är lägre efter frånskjut av vänster bakben oavsett voltvarv, vilket överensstämmer med vad Rhodin *et al.* (2013) såg i sin studie där det halta benet fick en lägre PD<sub>max</sub> oberoende av voltspåret. PD<sub>max</sub> påverkas alltså inte av bedövningen utan hästen uppvisar fortfarande en liten vänstersidig asymmetri efter bedövningen sett till maxdiffen.

HD<sub>min</sub> har negativ asymmetri i båda voltvarven både innan och efter anestesi, vilket innebär en vänstersidig asymmetri. Efter diagnostisk anestesi förändras dock värdena i positiv riktning när det kompensatoriska mönstret släcks men en mindre del av den vänstersidiga asymmetrin kvarstår. Denna häst har alltså en kvarstående ”nickning” vid isättning av det högra frambenet, oberoende av voltvarv, som skulle kunna tolkas som en sann vänster frambenschälta. Även HD<sub>max</sub> har en positiv för-

ändring i båda varven när den kompensatoriska asymmetrin släcker, och är positiv i vänster varv och negativ i höger varv med ungefär lika stor asymmetri för båda varven. HDmax värde är svårtolkat för volt, i en studie med ohalta hästar sågs att huvudet oftast får en lägre maxpunkt efter frånskjut av innerbenet, även om det motsatta sambandet observerades hos flera hästar (Rhodin *et al.* 2016).

WDmin förändras med cirka 6 millimeter i negativ riktning för både vänster och höger varv och får efter diagnostisk anestesi en vänstersidig asymmetri i båda varven. WDmin hos en ohalt häst förväntas följa PDmin (Buchner *et al.* 1996a; Greve *et al.* 2017) och därmed visa en negativ asymmetri på vänster volt och positiv asymmetri på höger volt (Starke *et al.* 2012). Men WDmin verkar följa huvudets asymmetri efter den diagnostiska anestesin och är negativ i båda varven, vilket skulle kunna bekräfta att det är en sann frambenshälta (Persson-Sjödin *et al.* 2024). Dock finns tecken på en högersidig bakbenshälta och manken bör därför tolkas med försiktighet. Den vänstersidiga asymmetrin som uppstår kan därmed vara till följd av både en hälta på höger bakben men även som kompensation för en vänstersidig frambenshälta, och kräver fortsatt diagnostik för att differentiera mellan.

## 5.2 Häst 2

Hältan för häst 2 släcker endast i höger varv om man ser till PDmin, men ger ett nära symmetriskt utseende i stället för en förväntad högersidig asymmetri orsakad av voltrörelsen. Ingen släckning ses i vänster varv. Detta skulle kunna betyda att hältan inte släcks fullt ut av den diagnostiska anestesin, vilket även den procentuella förbättringen på rakt spår vittnar om där hältan släcker med 60,68 %. PDmax får en förändring i positiv riktning i båda varven vilket vittnar om viss släckning av en vänstersidig hälta även sett till denna parameter. Efter diagnostisk anestesi ses en högersidig asymmetri för PDmax i båda varven, vilket kan indikera en hälta i höger bakben och att hästen har en bilateral bakbenshälta. Bilateral hältor kan ge ett symmetriskt utseende på rakt spår som gör det svårt att skilja från ohalta hästar (Buchner *et al.* 1995), utseendet på volt är däremot inte känt.

HDmin visar en liknande släckning för båda varven av en kompensatorisk rörelsesymmetri. Släckningens storlek för huvudet är av nästan samma storlek som primärhältan släckt i PDmin i höger varv. HDmin har innan anestesin haft en vänstersidig asymmetri i båda varven. Efter att den kompensatoriska asymmetrin har släckt ses inte den högersidiga asymmetrin som är förväntad i höger varv, vilket är i likhet med vad som sågs för PDmin i höger varv. Detta kan indikera att viss kompensatorisk asymmetri kvarstår hos huvudet då bakbenshältan ej släcks helt av bedövningen.

WDmin förändras i negativ riktning i båda varven när den kompensatoriska asymmetrin släcker och storleken på mankens asymmetri blir mer lik för båda varven, vilket kan tyda på en mer naturlig voltasymmetri. Detta visar att huvudet och manken innan bedövning har en kompensatorisk asymmetri som indikerar hälta på olika framben, vilket är det förväntade mönstret vid en bakbenschälta (Persson-Sjödén *et al.* 2024).

Sammantaget har hästen en vänstersidig bakbenschälta som släcker efter diagnostisk anestesi, men inte fullt ut. På volten ses ingen släckning i vänster varv sett till PDmin vilket gör övriga värden svårare att tolka. Förändringar i kompensatoriska asymmetrier ses dock i båda varven.

### 5.3 Häst 3

Häst nr 3 uppvisade initialt en höger bakbenschälta som efter diagnostisk anestesi släcker med 50,56 % för PDmin på rakt spår.

I båda voltvarven ses en högersidig asymmetri där PDmin förändras enstaka millimeter i positiv riktning, vilket innebär att hältan inte släcker på volt utan i stället försämras något. En möjlig förklaring till resultatet är att den initiala bakbenschältan var av mindre karaktär och förändringen som skedde på rakt spår är till följd av variation mellan mätningar och inte till följd av en positiv diagnostisk anestesi. Stegantalet för rakt spår var endast 12 steg i båda mätningarna, vilket innebär att varje steg påverkar medelvärdet mer än om kriteriet på 20 travsteg hade uppnåtts och osäkerheten blir därmed större. I Rhodin *et al.* (2017) beskrivs att låggradiga hältor har en större variation mellan steg och förekomsten av individ-variation mellan mätningar har även beskrivits av Hardeman *et al.* (2019) och Keegan *et al.* (2011). Det finns därför en risk att resultatet för denna häst miss-tolkades. För att undvika liknande situationer kan det vara en god idé att mätsekvenserna innehåller ett större antal steg samt att ställa ett högre krav än >50 % släckning för att den diagnostiska anestesin ska betraktas som positiv, särskilt i de fall hältan är låggradig.

Av logistiska skäl utfördes det raka spårets mätningar på hårt underlag medan volterna mättes på mjukt underlag. Detta kan ha bidragit till att en låggradig hälta framträdde på hårt underlag och att en släckning sågs. Den rekommenderade hältundersökningsgången är att göra rörelsebedömningar på olika typer av underlag för att framhäva olika typer av hälta (Baxter *et al.* 2020). Underlaget har i studier dock inte haft den markanta skillnaden som kan förväntas, men asymmetrin hos manken och *pelvis* har visats få viss påverkan av underlaget (Marunova *et al.* 2022). I studien av Marunova (2022) sågs att för bakbenschalta hästar fanns en signifikant



skillnad för WDmin och PDmax mellan underlag. I denna pilotstudie bedömdes dock den diagnostiska anestesin utifrån PDmin vilken inte visats få en signifikant skillnad mellan underlag för bakbenshåla hästar och därför är denna teori mindre trolig än naturlig variation mellan mätningar.

Utöver en höger bakbenshåla visar resultatet för denna häst dessutom en högersidig asymmetri för HDmin som är avsevärt större i höger varv. Detta kan indikera att hästen även har en högersidig frambenshåla som förstärks som innerben (Starke *et al.* 2012; Pfau *et al.* 2016).

## 5.4 Generell diskussion

Hos de två hästar där hältan släcktes även på voltspåret minskade de kompensatoriska asymmetrierna i huvudets och mankens rörelse. Förändringarna som sågs liknar de förändringar som setts i tidigare studier av varmblodiga hästar (Rhodin *et al.* 2018; Persson-Sjödin *et al.* 2024).

Storleken på kompensationen som minskade för HDmin hade ett intervall mellan 0,54–1,56 mm förändring per millimeter släckt håla i PDmin. Samstämmighet råder i flera studier kring att huvudets rörelse får en betydande kompensation vid bakbenshåla. Buchner *et al.* (1996a) beskriver att storleken för kompensationen för huvudet är hälften av hältans storlek i *pelvis* vilket även Kelmer *et al.* (2005) redovisar liknande resultat för. Persson-Sjödin *et al.* (2024) såg en förändring om 0,72 mm av HDmin för varje millimeter förändring i PDmin och Rhodin *et al.* (2013) fick att motsvarande förändring var 0,91 mm. Att den kompensatoriska huvudnickningen är stor, är viktigt för den visuella bedömningen av rörelsemönstret då den kan öka risken att hältan felaktigt bedöms som en frambenshåla.

För WDmin ses ett intervall om 0,71–0,81 mm per millimeter släckt håla i PDmin och till skillnad från huvudet sker förändringen i kontralateral riktning. Detta överensstämmer med förändringar som setts tidigare hos hästar med inducerad håla (Rhodin *et al.* 2018) och hos hästar med naturlig håla (Persson-Sjödin *et al.* 2024), men de relativa förändringarna som sågs i detta examensarbete var av större karaktär. I studien av Rhodin *et al.* (2018) sågs att en ökad asymmetri i bakbenet avseende PDmin gav en förändring i WDmin om 0,55 mm i kontralateral riktning och i studien av Persson-Sjödin *et al.* (2024) sågs att för varje millimeter släckt håla avseende PDmin så förändrades WDmin med 0,49 mm i kontralateral riktning. Resultatet i denna pilotstudie är intressant men behöver följas upp med vidare forskning för att bedöma huruvida bakbenshåla islandshästar har en större kompensation i manken än varmblodiga hästar.

För islandshästar med frambenshälta har liknande mönster som hos varmbloodshästar beskrivits för trav på rakt spår, däremot har tölten gett upphov till delvis andra mönster (Smit *et al.* 2023). Eftersom islandshästar beskrivits ha varierande kvalitet på trav och kan visa mellanting av gångarter är det också troligt att de inte alltid visar trav vid hältundersökningar, och kompensationsmönstren som då ses kan misstolkas.

Resultaten i detta examensarbete är ett tydligt exempel på svårigheten i hältbedömningar av islandshästar och behovet av fungerande hjälpmedel. Innan hjälpmedel som diagnostisk anestesi eller bilddiagnostik används bör en uppfattning om vilket ben hästen är halt på finnas. Det är en uppgift objektiva mätsystem kan bidra med, inte minst när hältan är låggradig eller för att minska risken att ett kompensatoriskt rörelsemönster misstas för en primärhälta. Dessutom kan en objektiv mätning nyttjas för att svara på om en diagnostisk anestesi har fungerat.

## 5.5 Slutsats

Generella slutsatser kan inte dras utifrån den begränsade studiepopulationen, som inkluderar rörelsedata för tre bakbenshälta islandshästar. Denna studie kan i stället ses som en första pilotstudie på området och att de kompensatoriska rörelsemönstren inte verkar skilja sig från andra raser, vilket är positivt ur ett kliniskt perspektiv. Hästarna i den här studien hade efter diagnostisk anestesi en reducerad hälta med minst 50 % på rakt spår, som dessutom verkade släcka på voltspår för två av hästarna. Kompensatoriska mönster hos huvudets och mankens rörelse förändras för båda hästarna som släcker på volt, HDmin och HDmax förändras i samma riktning som PDmin, medan WDmin förändras i motsatt riktning mot PDmin. Detta tolkas som att en kompensation som liknar en ipsilateral frambenshälta var närvarande innan bedövning. Att mankens kompensation inte överensstämmer med huvudets kompensation är det typiska mönstret hos en sann bakbenshälta (Persson-Sjödén *et al.* 2024). Dessa kompensatoriska skillnader är i enlighet med vad studier gjorda för varmbloodiga hästar har visat på och styrker därmed inte hypotesen.

Mer forskning kring området behövs för att underlätta tolkningen av resultaten i fält, inte minst då hälta från fler ben än ett är frekvent förekommande. Studier med större testpopulation vore en intressant uppföljning av pilotstudien, bland annat för att jämföra den relativa storleken av de kompensatoriska mönstren i huvud och manke hos islandshäst. Även möjligheten att sätta upp fler inklusionskriterier skulle finnas, exempelvis en undre gräns för storleken på den initiala asymmetrin eller en större släckning än 50 % för att tydliggöra resultaten. Det kan till följd av den begränsade studiepopulationen fortsatt inte uteslutas att islandshästar kan uppvisa andra kompensationsmönster eller annan storlek på kompensation och det är ett

kunskapsglapp som behöver fyllas för att förbättra förutsättningarna att tolka rörelseförändringar och undvika att en hälsa missas.

## 5.6 Felkällor

Studiepopulationen bestod endast av tre hästar, varav en inte släckte på volt, vilket gör att inga generaliseringar eller större slutsatser kan dras. Det raka spårets stegantal uppfyllde i flera mätningar inte det uppsatta kriteriet på 20 travsteg vilket ger en lägre säkerhet kring uppvisad asymmetristorlek och som konsekvens även en lägre säkerhet kring hältans släckning efter diagnostisk anestesi. Flera av värdena har dessutom hög standardavvikelse, i flera av fallen högre än medelvärdet och bör tolkas med försiktighet.

Det finns indikationer i resultatet på att hästarna i studien har hältor från flera ben. Detta var inte möjligt att kontrollera för i förväg då hästar med naturlig hälsa användes, utan hade krävt att hältan inducerats hos hästar utan förekommande rörelsestörning. Rekryteringsperioden pågick under Islands lågsäsong, vilket innebär att flera av de hästar som screenades inte var under kontinuerlig träning utan upplevdes av både djurägare och veterinär som stela till följd av detta. Det vore därför rekommenderat att utföra fältstudier under en annan tidpunkt på året, alternativt att studier inte koncentreras till Island utan utförs på islandshästar i länder där lågsäsong inte förekommer på samma vis. Utförs studierna därtill på klinik kan större standardisering uppnås.

Av praktiska skäl kunde ej standardisering av voltstorlek, travens hastighet eller typ av underlag kontrolleras i större utsträckning, vilket kan ha påverkan på resultaten men speglar förutsättningarna för hur en hältutredning i de flesta fall utförs.

## Referenser

- Andersson, L.S., Larhammar, M., Memic, F., Wootz, H., Schwochow, D., Rubin, C.-J., Patra, K., Arnason, T., Wellbring, L., Hjälm, G., Imsland, F., Petersen, J.L., McCue, M.E., Mickelson, J.R., Cothran, G., Ahituv, N., Roepstorff, L., Mikko, S., Vallstedt, A., Lindgren, G., Andersson, L. & Kullander, K. (2012). Mutations in DMRT3 affect locomotion in horses and spinal circuit function in mice. *Nature*, 488 (7413), 642–646. <https://doi.org/10.1038/nature11399>
- Back, W., Schamhardt, H.C., Savelberg, H.H., van den Bogert, A.J., Bruin, G., Hartman, W. & Barneveld, A. (1995a). How the horse moves: 1. Significance of graphical representations of equine forelimb kinematics. *Equine Veterinary Journal*, 27 (1), 31–38. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1995.tb03029.x>
- Back, W., Schamhardt, H.C., Savelberg, H.H., van den Bogert, A.J., Bruin, G., Hartman, W. & Barneveld, A. (1995b). How the horse moves: 2. Significance of graphical representations of equine hind limb kinematics. *Equine Veterinary Journal*, 27 (1), 39–45. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1995.tb03030.x>
- Bassage, L.H. & Ross, M.W. (2011). Chapter 10 - Diagnostic Analgesia. I: Ross, M.W. & Dyson, S.J. (red.) *Diagnosis and Management of Lameness in the Horse*, Second Edition, W.B. Saunders. 100–135. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4160-6069-7.00010-9>
- Baxter, G.M., Stashak, T.S. & Keegan, K.G. (2020). Examination for Lameness. I: *Adams and Stashak's Lameness in Horses*. John Wiley & Sons, Ltd. 67–188. <https://doi.org/10.1002/9781119276715.ch2>
- Bosch, S., Serra Bragança, F., Marin-Perianu, M., Marin-Perianu, R., van der Zwaag, B.J., Voskamp, J., Back, W., van Weeren, R. & Havinga, P. (2018). EquiMoves: A wireless networked inertial measurement system for objective examination of horse gait. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 18 (3), 850. <https://doi.org/10.3390/s18030850>
- Buchner, H., Savelberg, H., Schamhardt, H. & Barneveld, A. (1996a). Head and trunk movement adaptations in horses with experimentally induced fore- or hindlimb lameness. *Equine veterinary journal*, 28 (1). <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1996.tb01592.x>
- Buchner, H.H., Savelberg, H.H., Schamhardt, H.C. & Barneveld, A. (1995). Bilateral lameness in horses--a kinematic study. *The Veterinary Quarterly*, 17 (3), 103–105. <https://doi.org/10.1080/01652176.1995.9694543>

- Buchner, H.H., Savelberg, H.H., Schamhardt, H.C. & Barneveld, A. (1996b). Limb movement adaptations in horses with experimentally induced fore- or hindlimb lameness. *Equine Veterinary Journal*, 28 (1), 63–70. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1996.tb01591.x>
- Clayton, H.M. (2005). The force plate: established technology, new applications. *Veterinary Journal (London, England: 1997)*, 169 (1), 15–16. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2004.10.003>
- Clayton, H.M. (2016). Horse Species Symposium: Biomechanics of the exercising horse. *Journal of Animal Science*, 94 (10), 4076–4086. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9990>
- Clayton, H.M. & Sha, D.H. (2006). Head and body centre of mass movement in horses trotting on a circular path. *Equine Veterinary Journal*, 38 (S36), 462–467. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2006.tb05588.x>
- Crecan, C.M. & Peştean, C.P. (2023). Inertial sensor technologies-their role in equine gait analysis, a review. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23 (14), 6301. <https://doi.org/10.3390/s23146301>
- Drevemo, S., Dalin, G., Fredricson, I. & Hjertén, G. (1980). Equine locomotion; 1. The analysis of linear and temporal stride characteristics of trotting standardbreds. *Equine Veterinary Journal*, 12 (2), 60–65. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1980.tb02310.x>
- Greve, L., Pfau, T. & Dyson, S. (2017). Thoracolumbar movement in sound horses trotting in straight lines in hand and on the lunge and the relationship with hind limb symmetry or asymmetry. *Veterinary Journal (London, England: 1997)*, 220, 95–104. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2017.01.003>
- Hammarberg, M., Egenvall, A., Pfau, T. & Rhodin, M. (2016). Rater agreement of visual lameness assessment in horses during lungeing. *Equine Veterinary Journal*, 48 (1), 78–82. <https://doi.org/10.1111/evj.12385>
- Hardeman, A.M., Serra Bragança, F.M., Swagemakers, J.H., van Weeren, P.R. & Roepstorff, L. (2019). Variation in gait parameters used for objective lameness assessment in sound horses at the trot on the straight line and the lunge. *Equine Veterinary Journal*, 51 (6), 831–839. <https://doi.org/10.1111/evj.13075>
- International Federation of Icelandic Horse Associations (2023). *FEIF General Rules and Regulations*. [https://www.feiffengur.com/documents/FEIF%20Sport\\_2023.pdf](https://www.feiffengur.com/documents/FEIF%20Sport_2023.pdf) [2024-01-02]
- Keegan, K.G. (2007). Evidence-based lameness detection and quantification. *The Veterinary Clinics of North America. Equine Practice*, 23 (2), 403–423. <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2007.04.008>
- Keegan, K.G., Dent, E.V., Wilson, D.A., Janicek, J., Kramer, J., Lacarrubba, A., Walsh, D.M., Cassells, M.W., Esther, T.M., Schiltz, P., Frees, K.E., Wilhite, C.L., Clark, J.M., Pollitt, C.C., Shaw, R. & Norris, T. (2010). Repeatability of subjective evaluation of lameness in horses. *Equine Veterinary Journal*, 42 (2), 92–97. <https://doi.org/10.2746/042516409X479568>

- Keegan, K.G., Kramer, J., Yonezawa, Y., Maki, H., Pai, P.F., Dent, E.V., Kellerman, T.E., Wilson, D.A. & Reed, S.K. (2011). Assessment of repeatability of a wireless, inertial sensor-based lameness evaluation system for horses. *American Journal of Veterinary Research*, 72 (9), 1156–1163. <https://doi.org/10.2460/ajvr.72.9.1156>
- Keegan, K.G., Yonezawa, Y., Pai, P.F., Wilson, D.A. & Kramer, J. (2004). Evaluation of a sensor-based system of motion analysis for detection and quantification of forelimb and hind limb lameness in horses. *American Journal of Veterinary Research*, 65 (5), 665–670. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2004.65.665>
- Kelmer, G., Keegan, K.G., Kramer, J., Wilson, D.A., Pai, F.P. & Singh, P. (2005). Computer-assisted kinematic evaluation of induced compensatory movements resembling lameness in horses trotting on a treadmill. *American Journal of Veterinary Research*, 66 (4), 646–655. <https://doi.org/10.2460/ajvr.2005.66.646>
- Kristjansson, T., Bjornsdottir, S., Sigurdsson, A., Andersson, L.S., Lindgren, G., Helyar, S.J., Klonowski, A.M. & Arnason, T. (2014). The effect of the "Gait keeper" mutation in the DMRT3 gene on gaiting ability in Icelandic horses. *Journal of Animal Breeding and Genetics = Zeitschrift Fur Tierzucht Und Zuchtungsbiologie*, 131 (6), 415–425. <https://doi.org/10.1111/jbg.12112>
- Leach, D.H., Ormrod, K. & Clayton, H.M. (1984). Standardised terminology for the description and analysis of equine locomotion. *Equine Veterinary Journal*, 16 (6), 522–528. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1984.tb02007.x>
- Maliye, S. & Marshall, J. (2016). Objective assessment of the compensatory effect of clinical hind limb lameness in horses: 37 cases (2011-2014). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 249 (8). <https://doi.org/10.2460/javma.249.8.940>
- Maliye, S., Voute, L., Lund, D. & Marshall, J. (2013). An inertial sensor-based system can objectively assess diagnostic anaesthesia of the equine foot. *Equine veterinary journal. Supplement*, (45). <https://doi.org/10.1111/evj.12158>
- Marunova, E., Hoenecke, K., Fiske-Jackson, A., Smith, R.K.W., Bolt, D.M., Perrier, M., Gerdes, C., Hernlund, E., Rhodin, M. & Pfau, T. (2022). Changes in head, withers, and pelvis movement asymmetry in lame horses as a function of diagnostic anesthesia outcome, surface and direction. *Journal of Equine Veterinary Science*, 118, 104136. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2022.104136>
- May, S.A. & Wyn-Jones, G. (1987). Identification of hindleg lameness. *Equine Veterinary Journal*, 19 (3), 185–188. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1987.tb01371.x>
- Merkens, H.W. & Schamhardt, H.C. (1988). Evaluation of equine locomotion during different degrees of experimentally induced lameness. I: Lameness model and quantification of ground reaction force patterns of the limbs. *Equine Veterinary Journal. Supplement*, (6), 99–106. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1988.tb04655.x>
- Parkes, R.S.V., Weller, R., Groth, A.M., May, S. & Pfau, T. (2009). Evidence of the development of "domain-restricted" expertise in the recognition of asymmetric motion characteristics of hindlimb lameness in the horse. *Equine Veterinary Journal*, 41 (2), 112–117. <https://doi.org/10.2746/042516408X343000>

- Persson-Sjodin, E., Hernlund, E., Pfau, T., Andersen, P.H., Forsström, K.H., Byström, A., Serra Bragança, F.M., Hardeman, A., Greve, L., Egenvall, A. & Rhodin, M. (2024). Withers vertical movement symmetry is useful for locating the primary lame limb in naturally occurring lameness. *Equine Veterinary Journal*, 56 (1), 76-88. <https://doi.org/10.1111/evj.13947>
- Pfau, T., Jennings, C., Mitchell, H., Olsen, E., Walker, A., Egenvall, A., Tröster, S., Weller, R. & Rhodin, M. (2016). Lungeing on hard and soft surfaces: Movement symmetry of trotting horses considered sound by their owners. *Equine Veterinary Journal*, 48 (1), 83–89. <https://doi.org/10.1111/evj.12374>
- Phutthachalee, S., Mählmann, K., Seesupa, S. & Lischer, C. (2021). Upper body movement analysis of multiple limb asymmetry in 367 clinically lame horses. *Equine Veterinary Journal*, 53 (4), 701–709. <https://doi.org/10.1111/evj.13367>
- Rhodin, M., Egenvall, A., Haubro Andersen, P. & Pfau, T. (2017). Head and pelvic movement asymmetries at trot in riding horses in training and perceived as free from lameness by the owner. *PloS One*, 12 (4), e0176253. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176253>
- Rhodin, M., Persson-Sjodin, E., Egenvall, A., Serra Bragança, F.M., Pfau, T., Roepstorff, L., Weishaupt, M.A., Thomsen, M.H., van Weeren, P.R. & Hernlund, E. (2018). Vertical movement symmetry of the withers in horses with induced forelimb and hindlimb lameness at trot. *Equine Veterinary Journal*, 50 (6), 818–824. <https://doi.org/10.1111/evj.12844>
- Rhodin, M., Pfau, T., Roepstorff, L. & Egenvall, A. (2013). Effect of lungeing on head and pelvic movement asymmetry in horses with induced lameness. *Veterinary Journal (London, England: 1997)*, 198 Suppl 1, e39-45. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.09.031>
- Rhodin, M., Roepstorff, L., French, A., Keegan, K.G., Pfau, T. & Egenvall, A. (2016). Head and pelvic movement asymmetry during lungeing in horses with symmetrical movement on the straight. *Equine Veterinary Journal*, 48 (3), 315–320. <https://doi.org/10.1111/evj.12446>
- Rhodin, M., Smit, I.H., Persson-Sjodin, E., Pfau, T., Gunnarsson, V., Björnsdóttir, S., Zetterberg, E., Clayton, H.M., Hobbs, S.J., Serra Bragança, F. & Hernlund, E. (2022). Timing of vertical head, withers and pelvis movements relative to the footfalls in different equine gaits and breeds. *Animals: an open access journal from MDPI*, 12 (21), 3053. <https://doi.org/10.3390/ani12213053>
- Robilliard, J., Pfau, T. & Wilson, A. (2007). Gait characterisation and classification in horses. *The Journal of Experimental Biology*, 210 (Pt 2). <https://doi.org/10.1242/jeb.02611>
- Serra Bragança, F.M., Broomé, S., Rhodin, M., Björnsdóttir, S., Gunnarsson, V., Voskamp, J.P., Persson-Sjodin, E., Back, W., Lindgren, G., Novoa-Bravo, M., Gmel, A.I., Roepstorff, C., van der Zwaag, B.J., Van Weeren, P.R. & Hernlund, E. (2020). Improving gait classification in horses by using inertial measurement unit (IMU) generated data and machine learning. *Scientific Reports*, 10 (1), 17785. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73215-9>

- Serra Bragança, F.M., Rhodin, M. & van Weeren, P.R. (2018). On the brink of daily clinical application of objective gait analysis: What evidence do we have so far from studies using an induced lameness model? *The Veterinary Journal*, 234, 11–23. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2018.01.006>
- Sigurðardóttir, H., Boije, H., Albertsdóttir, E., Kristjansson, T., Rhodin, M., Lindgren, G. & Eriksson, S. (2023). The genetics of gaits in Icelandic horses goes beyond DMRT3, with RELN and STAU2 identified as two new candidate genes. *Genetics Selection Evolution*, 55 (1), 89. <https://doi.org/10.1186/s12711-023-00863-6>
- Smit, I.H., Herlund, E., Persson-Sjodin, E., Björnsdóttir, S., Gunnarsdóttir, H., Gunnarsson, V., Rhodin, M. & Serra Bragança, F.M. (2023). Adaptation strategies of the Icelandic horse with induced forelimb lameness at walk, trot and tölt. *Equine Veterinary Journal*,. <https://doi.org/10.1111/evj.13998>
- Starke, S.D., Willems, E., May, S.A. & Pfau, T. (2012). Vertical head and trunk movement adaptations of sound horses trotting in a circle on a hard surface. *Veterinary Journal (London, England: 1997)*, 193 (1), 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2011.10.019>
- Waldern, N.M., Wiestner, T., Ramseier, L.C. & Weishaupt, M.A. (2015). Comparison of limb loading and movement of Icelandic horses while tölting and trotting at equal speeds. *American Journal of Veterinary Research*, 76 (12), 1031–1040. <https://doi.org/10.2460/ajvr.76.12.1031>
- Zips, S., Peham, C., Scheidl, M., Licka, T. & Girtler, D. (2001). Motion pattern of the toelt of Icelandic horses at different speeds. *Equine Veterinary Journal. Supplement*, (33). <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2001.tb05371.x>



## Populärvetenskaplig sammanfattning

En vanlig arbetsuppgift för veterinärer som arbetar med häst på klinik och i fält är att utföra hältundersökningar. Det kan i många fall vara svårt att bedöma vilket ben hästen är halt på, eller om den överhuvudtaget visar en hälta. Där kan objektiva mätsystem vara till stor hjälp, vilket ger en detaljerad analys av hästens rörelsemönster. För att skapa sig en så tydlig bild som möjligt utförs ofta hältundersökning av hästen både på rakt och böjt spår och i vissa fall även på olika tyder av underlag. På böjt spår får hästen en liten lutning inåt och rör sig naturligt asymmetriskt vilket kan förstärka en hälta beroende på om det halta benet är inner- eller ytterben på volten. Hälta på ett ben kan också ge upphov till kompensatoriska asymmetrier som ser ut som en hälta i den motsatta delen av hästens kropp. Vid en bakbenshälta kan en kompensatorisk huvudnickning ses, som skulle kunna misstas för en sann frambenshälta.

Inte minst kan objektiva mätsystem vara till god hjälp vid hältundersökning hos islandshästen – en ras som kan ha upp till fem olika gångarter, till skillnad från de tre som ses hos majoriteten av hästraser. Islandshästarnas trav är snabbare, med kortare steg, samt kan bli mindre taktfast eller slå över till ett mellanting av olika gångarter. Dock är islandshästarnas rörelsemönster vid hälta relativt okänt idag.

Denna studie undersöker vad tre islandshästar, som uppvisar en bakbenshälta, får för kompensatoriska asymmetrier, och hur dessa förändras på böjt spår efter bedövning av det halta benet.

Två av hästarna fick en minskad hälta på böjt spår, medan en häst inte visade någon förändring på det böjda spåret. Att förändringen uteblev kan vara till följd av en misstolkning av resultatet där hältan bedömts bli mindre på rakt spår. Detta diskuteras vara en förbättring som var tillräckligt liten för att bero på naturlig skillnad mellan två lika mätningar.

De två hästarna, där bakbenshältan kunde bedövas bort, fick en minskad nickning av huvudet, vilket är ett mönster som kan misstas för en frambenshälta på samma sida. Även mankens rörelser ändrades, där denna minskning kan användas för att bekräfta att hältan faktiskt hade sitt ursprung i bakbenet. Resultaten var i samstäm-

mighet med vad som visats i tidigare studier med andra hästraser. Det går dock inte att utesluta att islandshästar kan kompensera annorlunda. Det finns därför fortsatt stor nytta med att genomföra studien i en större population islandshästar.

# Tack

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Emma Persson-Sjödin och biträdande handledare Ebba Zetterberg för allt stöd under uppsatsens gång och hjälp när jag kört fast. Ett särskilt tack till Katrina Ask för all teknisk support under datainsamlingen. Samt ett speciellt tack till Helga Gunnarsdottir som tog emot oss på Island och lät oss följa med under sina hältutredningar.

## 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. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

- <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

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

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