



Kan möjligheten till rörelse i olika kalvhållningssystem påverka tjockleken på klövens elastiska puta? - En pilotstudie

Andrea Carlsson

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

Uppsala 2023



Kan möjligheten till rörelse i olika kalvhållningssystem påverka tjockleken på klövens elastiska puta? - En pilotstudie

Can the opportunity for movement in different calf rearing systems affect the thickness of the claw's digital cushion? - A pilot study

Andrea Carlsson

Handledare:	Hanna Eriksson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Examinator:	Ove Wattle, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för kliniska vetenskaper
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:	2023
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Nyckelord:	elastiska putan, rörelsemängd, mjölkkraskalv, klövhornsskador, sulblödning, klövsulesår

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Veterinärprogrammet

Sammanfattning

Syftet med studien var att undersöka om möjligheten till rörelse i olika kalvhållningssystem kan påverka utvecklingen av klövens stödjevävnad med fokus på den elastiska putan. Sulblödningar och klövsulesår är två vanliga klövlidanden i mjölkproducerande besättningar. De anses bero på en mekanisk skada till följd av en kompression av mjukdelsvävnaden inne i klöven. Elastiska putans roll i att fördela krafter föreslås i litteraturen ha en viktig inverkan på risken att utveckla dessa klövhornsskador. Att optimera förutsättningarna för att utveckla en stor och väl fungerande elastisk puta under uppväxten skulle därför kunna vara en del i det förebyggande arbetet mot klövhornsskador.

I studien jämfördes tjurkalvar som gått tillsammans med sina mödrar på större yta (försöksgrupp) med tjurkalvar som hållits på mindre yta skilda från sina mödrar (kontrollgrupp). De jämfördes avseende rörelsemängd och tjocklek på den elastiska putan. Rörelsemängden mättes med aktivitetsmätare under de första åtta levnadsveckorna. Tjockleken av den elastiska putan mättes med hjälp av ultraljud efter avlivning vid ca sex månaders ålder.

Resultat från studien visade inga statistiskt signifikanta skillnader av tjockleken på den elastiska putan mellan försöksgruppen och kontrollgruppen. Resultaten visade även att rörelsemängden inte skiljde nämnvärt mellan kalvgrupperna, trots att de hade olika stora ytor att röra sig på och därmed olika möjlighet till rörelse. Två försökskalvar som hölls tillsammans med sina mödrar ute på bete stack dock ut i rörelsemängd från resten av försökskalvarna och kontrollkalvarna i studien. Dessa två kalvar rörde sig i medeltal mer än dubbelt så mycket per dag än resterande kalvar. De två kalvarna hade även elastiska putor med en numeriskt något större tjocklek, men då gruppen endast innehöll två kalvar kunde inga säkra slutsatser dras. Däremot väcker resultaten intresse för att fortsätta studera sambandet mellan rörelse i tidig ålder och dess påverkan på utvecklingen av en tjock elastisk puta.

Nyckelord: elastiska putan, rörelsemängd, mjölkkraskalv, klövhornsskador, sulblödning, klövsulesår

Abstract

The aim of the study was to investigate if the opportunity for movement in different calf rearing systems can affect the development of the claw's supporting tissues, with focus on the digital cushion. Sole haemorrhage and sole ulcer are two common claw disorders in dairy herds. The lesions are believed to be due to mechanical injury from contusion of the soft tissue inside the claw. In the literature, the digital cushion's force dissipating function are suggested to have an important role for the risk of developing these claw horn lesions. Optimizing the management conditions during the rearing period to promote the development of a large and well functioning digital cushion could therefore be one part in the preventive work against claw horn lesions.

In this study bull calves that were kept together with their dams on a larger area (treatment group) were compared with bull calves that were raised separate from their dams on a smaller area (control group). The groups were compared regarding amount of physical activity and the thickness of the digital cushion. Physical activity was measured with activity sensors during the first eight weeks of life. The thickness of the digital cushion was measured with ultrasound after culling at about six months of age.

The result of the study showed no statistically significant differences in the thickness of the digital cushion for treatment calves compared to control calves. The result also showed that the amount of physical activity did not differ much between the groups of calves, even though the areas available for performing physical activity differed, and consequently the groups had different opportunities for movement. The physical activity of two treatment calves kept together with their dams outside at pasture stood out from the rest of the treatment calves and the control calves in the study. The two calves moved on average more than the double amount per day compared to the rest of the calves, and had in addition digital cushions with a numerical slight larger thickness. Since this group consisted of only two calves, no definite conclusions could be drawn from this result. However, the results of the study motivates further research on the relationship between movement during young age and the development of the digital cushion.

Keywords: digital cushion, physical activity, dairy calf, claw horn lesion, sole haemorrhage, sole ulcer

Innehållsförteckning

1.	Inledning	9
2.	Litteraturoversikt.....	10
2.1	Klövens anatomi.....	10
2.1.1	Hornbildningen.....	12
2.2	Nötkreaturens stegcykel	12
2.3	Krafter på klöven under belastningsfasen	13
2.4	Rörelsemängd i relation till tillgänglig yta.....	14
2.5	Mekaniska klövhornsskador.....	15
2.5.1	Uppkomst av mekaniska klövhornsskador	16
2.5.2	Faktorer som kan påverka kompressionen av corium.....	16
2.6	Elastiska putans funktion och utveckling	19
3.	Material och metod	22
3.1	Djur och urval.....	22
3.1.1	Exkluderade djur.....	22
3.2	Skötsel och inhysning	23
3.2.1	Inhysning försöksgrupp omgång A	23
3.2.2	Inhysning kontrollgrupp omgång A	24
3.2.3	Inhysning försöksgrupp omgång B	24
3.2.4	Inhysning kontrollgrupp omgång B	25
3.3	Rörelsemängd.....	26
3.4	Ultraljudsmätning av SST-tjocklek	26
3.4.1	Metodutveckling ultraljudsmätning	26
3.4.2	Ultraljudsmätning av studieklövarna	27
3.5	Mätning av klövkapsel.....	27
3.6	Databearbetning.....	28
3.6.1	Rörelsedata.....	28
3.6.2	SST-tjocklek, klövstorlek och kroppsvikt	28
3.7	Statistiska analyser	29
4.	Resultat	30
4.1	Studiepopulation	30
4.1.1	Deskriptiva resultat	30
4.2	Rörelsemängd.....	30

4.2.1	Deskriptiva resultat	30
4.3	SST-tjocklek, klövstorlek och djurstorlek	32
4.3.1	Deskriptiva resultat	32
4.3.2	Hypotestestning	34
4.4	Samband mellan rörelsemängd och SST-tjocklek.....	34
4.4.1	Explorativa resultat	34
5.	Diskussion	36
5.1	Rörelsemängd.....	36
5.2	SST-tjocklek.....	37
	Referenser.....	41
	Populärvetenskaplig sammanfattning	46
	Tack.....	48
	Bilaga 1.....	49
	Bilaga 2.....	50
	Bilaga 3.....	51
	Bilaga 4.....	52
	Bilaga 5.....	53

1. Inledning

Hälta är ett vanligt hälsoproblem i mjölkproducerande besättningar och orsakas ofta av klövlidanden (Archer *et al.* 2010). Hälta orsakad av klövlidanden har kopplats samman med smärta (Whay *et al.* 1998) samt nedsatt mjölkproduktion (Bruijnis *et al.* 2010) och kan på så sätt påverka både djurvälståndet och ekonomin negativt. Det är därför viktigt att arbeta förebyggande mot klövlidanden hos nötkreatur i mjölkproducerande besättningar.

Nötkreaturs klövar består, sett inifrån, av klövbenet, omgivande mjukdelsvävnad och ytterst klövkapseln (Räber *et al.* 2004). Elastiska putan är en del av mjukdelsvävnaden. Den är framför allt belägen i klövens palmara/plantara del och sträcker sig i tre stråk dorsalt in under klöven mellan klövbenet och klövkapselns suldel (Figur 1). Elastiska putan har en viktig kraftfördelning funktion och nedsatt funktion i vävnaden beskrivs kunna öka risken för kompressionsskador inne i klövkapseln. Kompressionsskadorna kan i sin tur leda till mekaniska klövhornsskador som till exempel klövsulesår och sulblödningar (Bicalho *et al.* 2009).

Kalvar som föds i mjölkproducerande besättningar har traditionellt sett avskilts från moderdjuret de första levnadsdagarna och därefter hållits i små boxar med begränsad möjlighet till rörelse. Preliminära resultat från en studie av Gard *et al.* (2015) visade att mjölkkraskalvar av hankön som haft möjlighet att röra sig mer de första månaderna i livet hade elastiska putor med större volym och yt-area vid sex månaders ålder än kalvar med begränsad möjlighet att röra på sig. Detta skulle kunna indikera att en ökad mängd rörelse tidigt i livet kan påverka storleken på den elastiska putan, vilket i sin tur eventuellt skulle kunna öka dess kraftfördelning förmåga, minska risken för klövhornsskador och därmed vara en del av det förebyggande arbetet mot klövlidanden.

Syftet med detta arbete är att undersöka om möjligheten till rörelse i olika kalvhållningssystem kan påverka utvecklingen av klövens stödjevävnad, med fokus på den elastiska putan. Frågeställningen är om vistelse i ett ko-kalv-system med möjlighet till ökad rörelse för kalvar i tidig ålder kan påverka klövens stödjevävnad så att den elastiska putans tjocklek, och därmed även klövens kraftfördelning förmåga, kan förbättras.

2. Litteraturöversikt

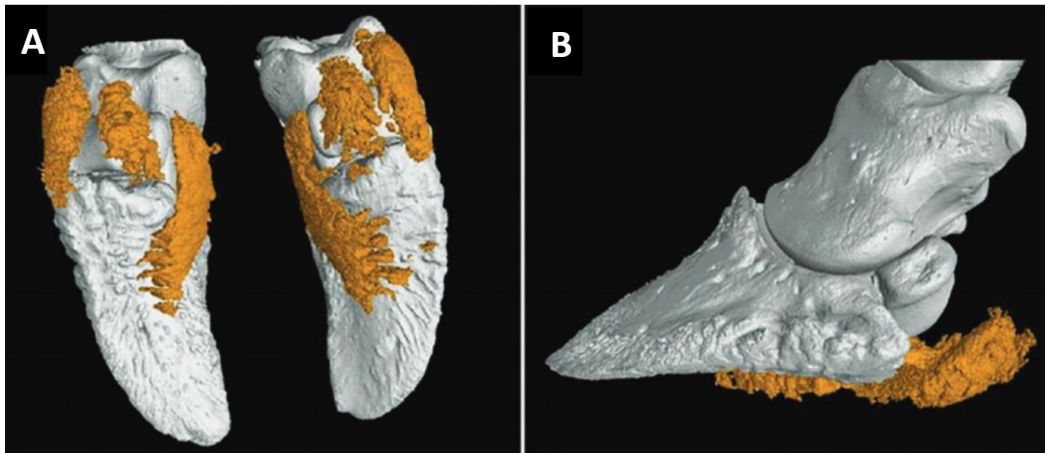
2.1 Klövens anatomi

Klövbenet ligger centralt i klöven (Ossent & Lischer 1998). Dess distala kontur är konkav med djupa böjsenans infästning (*tuberculum flexorium*) mest kaudalt och klövbenets tåspets mest kranialt belägen. Klövbenet stöttas av ett flertal olika anatomiska strukturer, som finns både inne i klövkapseln och längre upp längs benet (Figur 2).

En viktig struktur för att hålla klövbenet på sin plats inne i klövkapseln är klövbenets lamellupphängning (suspensory apparatus of the claw) (Lischer *et al.* 2002). Lamellupphängningen innehåller bindväv med kollagena fibrer och sträcker sig från klövbenet ut till klövkapselns lameller och förankrar därmed klövbenet till klövkapseln. Klövbenet är därigenom upphängt inne i klövkapseln. Hos nötkreatur täcker lamellerna endast den distala halvan av klövväggen, vilket är en betydligt mindre yta jämfört med hos häst. I tillägg är lamellernas yta större i den abaxiala delen av klövväggen jämfört med den axiala delen. Detta har föreslagits medföra att klövbenet tippar medialt vid belastning, vilket i sin tur tros öka den fokala belastningen i området för *tuberculum flexorium* (Lischer *et al.* 2002). En liten tiltning av klövbenet i sagittalplan under belastning har verifierats på slaktmaterial i en mindre simuleringsstudie (Ouweltjes *et al.* 2016), men har enligt min kännedom ännu inte undersökts på levande djur.

En annan viktig struktur som stöttar klövbenet inne i klövkapseln är den elastiska putan (Räber *et al.* 2004). Elastiska putan är uppdelad i tre cylinderformade delar, en axial, en medial och en abaxial del (Figur 1). De består av fett och lucker bindväv omsluten av en kollagen bindvävskapsel. Samtliga tre delar bygger upp den tjockare bakre delen av elastiska putan som ligger palmart/plantart om *tuberculum flexorium* på klövbenet. Den mediala delen sträcker sig därifrån in under *tuberculum flexorium*, medan den axiala och abaxiala delen fortsätter på var sin sida om *tuberculum flexorium* i tunnare stråk och binds samman i en fingerlik formation centralt under klövbenet. Utifrån elastiska putans uppbyggnad och anatomiska

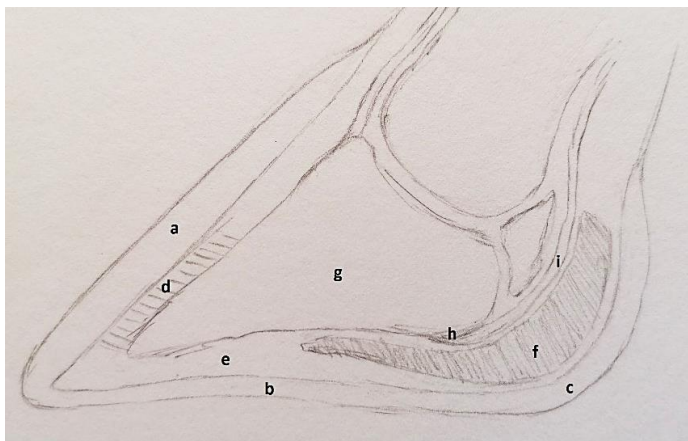
placering har det föreslagits att den har en viktig kraftfördelnde funktion inne i klövkapseln.



Figur 1. Anatomiska bilder av klöv där skelettdelar visas i vitt och fett i den elastiska putan visas i orange. (A) sedd från plantarsidan. (B) sedd från abaxialsidan (modifierad från Newsome et al. 2021:6239).

Klövbenet stöttas även av ligament och senor. Utmed klövbenets axiala sida löper interdigitalligamentet. Det utgår från elastiska putan distalt om klövbenet, sträcker sig i proximal riktning upp mot klövspalten och stöttar på så sätt upp klövbenet på dess axiala sida (Lischer *et al.* 2002). I klövens palmara/plantara del finns dessutom djupa böjsenan som stöttar upp klövbenets bakre del genom sin infästning till *tuberculum flexorium* kaudalt på klövbenet (Raji *et al.* 2008).

Klövbenet och klövens mjukdelar omsluts av klövkapseln (Ossent & Lischer 1998), vilken kan delas in i tre anatomiska delar: vägghorn, sulhorn och ballhorn (Hinterhofer *et al.* 2005). De mekaniska egenskaperna varierar mellan de olika delarna av klövkapseln. Till exempel är ballhornet mer elastiskt än vägghornet (Franck *et al.* 2006). Även hårdheten skiljer mellan de olika delarna av klövkapseln där vägghornet är hårdast, sulhornet mindre hårt och ballhornet mjukast (Hinterhofer *et al.* 2005). Skillnaderna i hårdheten har föreslagits ha en viktig roll i klövens biomekanik och funktion, där det mjukare ballhornet fungerar kraftfördelnde vid isättningen av klöven medan det hårdare vägghornet fungerar kraftöverförande när klöven belastas fullt ut och när den skjuter ifrån mot underlaget.



Figur 2. Anatomisk skiss av klövhalva i genomsnitt sedd i sagittalplan. a=vägghorn, b=sulhorn, c=ballhorn, d=klövbenets lamellupphängning, e=corium, f=elastiska putan, g=klövbenet, h=tuberculum flexorium, i=djupa böjsenan (tecknad av författaren).

2.1.1 Hornbildningen

Klöv kapselns hornvävnad består av flera olika cellager (Shearer & van Amstel 2013 se Shearer *et al.* 2015). Det innersta cellagret, stratum basale, angränsar via sitt basalmembran till underliggande mjukdelsvävnad. I detta cellager sker en ständig cellproliferation och därigenom nyproduktion av hornvävnad (Budras *et al.* 1996). Allt eftersom nya celler produceras förskjuts de äldre cellerna längre bort ifrån basalcellslagret och en förhorning av cellerna sker. Klöv kapselns vägghorn produceras i kronrandsområdet medan sulhornet och ballhornet produceras under klövbenet ner mot sulytan (Hoblet & Weiss 2001).

Corium är en del av mjukdelsvävnaden som ligger i det begränsade utrymmet mellan klöv kapseln och klövbenet (Lischer *et al.* 2002). I corium finns rikligt med små blodkärl (Hirschberg *et al.* 2001) och nerver (Ossent & Lischer 1998). Coriums rikliga blodförsörjning med sitt komplexa kapillära nätverk har en essentiell roll i hornbildningen genom att försörja de prolifererande cellerna i hornvävnaden med näring (Hirschberg *et al.* 2001).

2.2 Nötkreaturens stegcykel

När nötkreatur rör sig i skritt är omväxlande tre ben och omväxlande två ben i kontakt med marken samtidigt under stegcykeln (Flower *et al.* 2005). Varje bens stegcykel delas in i en belastningsfas, då klöven har kontakt med marken, och en svävningsfas då klöven befinner sig i luften.

En viss skillnad i benframförandet under svävningsfasen har setts mellan kvigor och lakterande mjölkkor. Hos kvigor har en bågformad rörelse i medial riktning

setts på frambenen så att frambenet i svävningsfas passerar nära det kontralaterala vikt bärande frambenet (Meyer *et al.* 2007). Hos lakterande mjölkkor har man istället sett en S-formad rörelse av både fram- och bakbenen i svävningsfas runt det kontralaterala vikt bärande benet (Schmid *et al.* 2009).

Hos både vuxna lakterande mjölkkor och kvigor har en utåtrotation av fram- och bakklövarna strax innan klövisättningen setts, vilket medför att klövspalten pekar i en något lateral riktning ut från kroppen under belastningsfasen (Meyer *et al.* 2007; Schmid *et al.* 2009). Både fram- och bakklövarna beskrivs också, i en studie gjord på lakterande mjölkkor, vinklas precis i slutet av svävningsfasen så att tån pekar något upp från marken och sulan lutar något i lateral riktning (Schmid *et al.* 2009). Detta medförde att hos majoriteten av djuren i studien var häldelen på laterala klövhalvan den mest distala punkten i slutet av svävningsfasen och därmed den första delen att sättas i marken vid belastningsfasens inledning. I en liknande studie gjord på kvigor var det häldelen respektive den abaxiala klövväggen på laterala klövhalvan som sattes i först vid belastningsfasens inledning hos de flesta djuren (Meyer *et al.* 2007).

Bakklövarna placeras i rörelseriktningen kranialt om samma sidas framklövar, något som möjliggörs genom att frambenets belastningsfas avslutas innan samma sidas bakbens belastningsfas inleds (Flower *et al.* 2005). Samtliga klövar placeras medialt under kroppen (Schmid *et al.* 2009). Hos kvigor placeras bakklövarna mer medialt än framklövarna (Meyer 2006 se Schmid *et al.* 2009). Hos lakterande mjölkkor råder det motsatta förhållandet, något som föreslås beror på att juvret tar plats och därmed tvingar isär bakbenen (Schmid *et al.* 2009).

2.3 Krafter på klöven under belastningsfasen

När klöven träffar marken och belastningsfasen inleds påverkas den av krafter från marken (Ground Reaction Force, GRF) (van der Tol *et al.* 2003). Dessa krafter fortplantar sig från klövkapseln via mjukdelarna upp i benet (Schmid *et al.* 2009). Hos nötkreatur bär framklövarna en större del av vikten och har visats ha en större GRF än bakklövarna både i rörelse (van der Tol *et al.* 2003) och vid stillastående (van der Tol *et al.* 2004). När framklövarna sätts i marken och den inledande bromsande delen av belastningsfasen inleds tar den laterala klövhalvan störst del av GRF. Därefter blir GRF snabbt relativt jämt fördelad mellan laterala och mediala klövhalvan under belastningsfasen (van der Tol *et al.* 2003). På bakklövarna däremot tar den laterala klövhalvan näst intill hela GRF vid klövisättningen och fortsätter därefter ta majoriteten av GRF under resten av belastningsfasen. Liknande kraftfördelning mellan laterala och mediala klövhalvan på bakklövarna har även setts hos stillastående nötkreatur (Telezhenko *et al.* 2008).

De olika delarna av klövkapseln inom samma klövhalva utsätts också för olika stor GRF under belastningsfasen hos nötkreatur i rörelse. Då häldelen av klövkapseln träffar marken först så är det också den del som utsätts för mest GRF i början av belastningsfasen. (van der Tol *et al.* 2003). Därefter förflyttas GRF succesivt i riktning mot tådelen av klöven, för att i slutet av belastningsfasen vara som störst på klövväggen och sulan i tådelen av klöven. Den totala GRF ökar från belastningsfasens inledning, är som störst under mitten av belastningsfasen för att sedan återigen minska. Fördelningen av GRF mellan klövkapselns olika delar har visats till viss del kunna påverkas av underlagets egenskaper på vilket nötkreaturen hålls (Telezhenko *et al.* 2008). Vid ett mindre skrovligt golv slits vägghornet mindre vilket leder till att vägghornet tar en större del av GRF. Vid ett mer skrovligt golv slits vägghornet mer vilket leder till att en större del av sulan kommer i kontakt med marken och då tar en större del av GRF.

2.4 Rörelsemängd i relation till tillgänglig yta

Nötkreaturs rörelsemängd och rörelsebeteende har setts skilja beroende av hur djuren hålls. Lakterande mjölkkor i lösdriftsstall har undersökts med avseende på om deras rörelse var beroende av djurtäthet, gruppstorlek och total tillgänglig yta i stallet (Telezhenko *et al.* 2012). Studien visade att kor som hölls på större yta flyttade sig oftare och rörde sig längre sträcka än djur som hölls på mindre yta. Även en högre djurtäthet medförde att djuren rörde sig längre sträcka. Djurtäthetens påverkan på rörelsemängden kunde dock, på grund av studiedesignen, inte helt skiljas från påverkan av storleken på tillgänglig yta. Gruppstorleken hade i denna studie däremot ingen påverkan på rörelsemängden. Fynden i Telezhenko *et al.* (2012) kan jämföras med vad som setts påverka rörelsemängden hos kalvar. När man undersökt mängden rörelse hos tjurkalvar av mjölkras vid olika gruppstorlek och olika storlek på tillgänglig yta men med konstant djurtäthet har man sett att tjurkalvar som hölls i grupper om fyra eller åtta kalvar gick mer än kalvar som hölls i par (Abdelfattah *et al.* 2013). Författarna resonerar att en större gruppstorlek i sig skulle kunna främja rörelse genom en ökad mängd sociala interaktioner. Den ökade rörelsemängden i de större kalvgrupperna skulle även kunna vara en effekt av att kalvarna hade en större total tillgänglig yta att röra sig på. Fynden stämmer överens med resultat från en annan studie gjord på mjölkraskalvar av båda könen (Færevik *et al.* 2007). Här sågs att kalvar som hölls i större gruppstorlek, och därmed hade större tillgänglig yta att röra sig på, tenderade att gå och springa mer samt stå stilla mindre än kalvar som hölls i mindre gruppstorlek.

Även nötkreaturs liggbeteende, och därigenom tid som klövarna belastas, påverkas av hur djuren hålls. I Telezhenko *et al.* (2012) sågs att kor som hölls i en högre djurtäthet låg ner mindre tid. Storleken på total tillgänglig yta samt gruppstorleken

påverkade däremot inte tiden som korna låg ner. Detta står i motsats till studien av Abdelfattah *et al.* (2013), där de kalvar som hölls i större gruppstorlek, och därmed på större yta, låg ner mindre tid än de som hölls i mindre gruppstorlek. Även här föreslår författarna att det skulle kunna bero på en ökad mängd sociala interaktioner. Dessa fynd stämmer överens med resultat i Færevik *et al.* (2007), där en större gruppstorlek, och därmed större tillgänglig yta, hade ett samband med att kalvarna låg ner mindre tid.

2.5 Mekaniska klövhornsskador

Mekaniska klövhornsskador, såsom sulblödning och klövsulesår, är vanliga typer av klövlidanden i mjölkproducerande besättningar (Växa Sverige 2022). De kan orsaka hälta (Winkler & Margerison 2012) som i sin tur också är ett vanligt hälsoproblem (Archer *et al.* 2010). Mekaniska klövhornsskador kan leda till nedsatt mjölkproduktion (Bicalho *et al.* 2008) och påverka fertiliteten negativt (Charfeddine & Pérez-Cabal 2017) vilket påverkar gårdens ekonomi negativt (Cha *et al.* 2010). Klövhornsskador kan även orsaka smärta och därmed nedsatt djurvälstånd (Whay *et al.* 1997; Vermunt 2007).

Sulblödningar och klövsulesår beskrivs som olika stadier av en och samma sjukdomsprocess, med varierande gravhet (Ossent & Lischer 1998). Sulblödningar yttrar sig kliniskt som en röd färgförändring i klövkapselns sulhorn. Klövsulesår är en gravare skada med en fokal öppen förbindelse i sulhornet in till corium, ofta belägen direkt under *tuberculum flexorium*.

Mekaniska klövhornsskador har visats vara olika vanligt hos nötkreatur i olika åldrar och laktationsstadium. Lindriga sulblödningar förekommer frekvent hos kvigor redan innan kalvning (Capon *et al.* 2009; Randall *et al.* 2016). Däremot har tiden runt och efter kalvning associerats med en ökad risk för klövhornsskador. I studien gjord av Capon *et al.* (2009), som följde förstakalvare och deras klövhälsa kring första kalvning, sågs en fördubbling av antalet sulblödningar kring höglaktation i jämförelse med innan kalvning. En liknande trend sågs i studien av Randall *et al.* (2016). I tillägg har klövsulesår och sulblödning hos förstakalvare setts vara vanligast kring höglaktation (Barden *et al.* 2022). Hos äldre kor har klövsulesår och sulblödning setts vara vanligast kring höglaktation men också vidare under senare delen av laktationen (Barden *et al.* 2022).

Även allvarlighetsgraden av de mekaniska klövhornsskadorna har setts skilja i olika åldrar. I en studie utförd på ett stort antal mjölkkor från fyra gårdar i Storbritannien sågs att lindrigare klövhornsskador i form av sulblödningar var vanligare hos förstakalvare, medan allvarligare klövhornsskador i form av klövsulesår var vanligare

hos flergångskalvare (Barden *et al.* 2022). Flera författare föreslår att tidigare mekaniska klövhornsskador ökar risken för att utveckla nya mekaniska klövhornsskador (Hirst *et al.* 2002; Machado *et al.* 2011; Newsome *et al.* 2016). I Hirst *et al.* (2002) sågs en ökad risk för klövhornsorsakad hälta i andra laktationen om samma djur tidigare haft en klövhornsorsakad hälta under första laktationen. Fynden stämmer överens med resultat i Machado *et al.* (2011), som såg en ökad förekomst av klövhornsskador hos kor som hade klövhornsskador i föregående laktation jämfört med kor som inte hade klövhornsskador i föregående laktation.

2.5.1 Uppkomst av mekaniska klövhornsskador

Den grundläggande orsaken till uppkomsten av mekaniska klövhornsskador är ännu inte helt kartlagd. Flera författare lyfter dock att en kompression av corium mellan klövbenet och sulhornet, med en påföljande påverkan på hornbildningen, troligen är en viktig del i sjukdomsprocessen (Ossent & Lischer 1998; Bicalho *et al.* 2009; Wilson *et al.* 2021). Under belastningsfasen trycks klövbenet ner mot sulhornet. Det leder till att den del av corium som är belägen under klövbenet komprimeras i sitt begränsade utrymme (Ossent & Lischer 1998). Om denna kompression blir för stor påverkas blodcirkulationen patologiskt. Blödningar kan uppstå och syreförsörjningen till de hornproducerande epidermala basalcellerna kan påverkas. Blödningarna som uppstår deponeras i sulhornet, förskjuts mot klövkapselns yta allt eftersom nytt horn produceras och ses så småningom som en sulblödning på sulytan. Om blodförsörjningen till de epidermala basalcellerna påverkas kan de drabbas av ischemi vilket kan påverka hornproduktionen negativt. Blir ischemin tillräckligt allvarlig kan hornproduktionen temporärt upphöra och ett klövsulesår utvecklas över tid.

2.5.2 Faktorer som kan påverka kompressionen av corium

I tidigare litteratur har flera olika orsaker och bidragande faktorer till en patologisk kompression av corium diskuterats. En nyckelfaktor är klövbenets position inne i klövkapseln. Klövbenet har visats kunna sjunka inne i klövkapseln (Ossent & Lischer 1998). En sådan sänkning ger corium ner mot sulan mindre utrymme inne i klövkapseln än normalt vilket leder till kompression.

Den underliggande mekanismen bakom en sänkning av klövbenet är inte helt klarlagd och över tid har flera olika teorier förts fram. Tidigare diskuterades ofta utfodringsrelaterade orsaker, då man under lång tid förknippat en hög kolhydratsgiva med fång hos häst (Obel 1948). Man har i en studie på nötkreatur sett att tillförsel av mycket stora mängder kolhydrater (oligofruktos) via magsond till kvigor gett upphov till våmacidos, systemisk acidosis, hälta, smärta från klövarna och förändringar i dermis-epidermis-övergången i klöven i form av uttänjda lameller, förändrad cellmorfologi och kromatindensitet i basalcellerna, ödem,

hyperemi, blödningar, avlossning av basalmembranet och förekomst av vita blodkroppar i vävnaden (Thoefner *et al.* 2004, 2005). Hälta och smärta från klövarna har även setts i en annan liknande studie efter tillförsel av motsvarande mängd oligofruktos (Danscher *et al.* 2009). Förutom hälta och smärta från klövarna sågs i denna studie även ledsvullnad. Författarna resonerar utifrån dessa resultat kring att hältan kanske inte enbart beror på smärta från klövarna utan även kan bero på smärta från leder och andra synoviala strukturer, ett argument som stärks av att ledsvullnaden och hältan matchade varandra bra i tid medan smärtan från klövarna kvarstod när hältan började gå ner. I ytterligare en liknande studie gjord på kvigor sågs hälta och smärta från klövarna efter tillförsel av motsvarande mängd oligofruktos via magsond (Danscher *et al.* 2010). Precis som i Thoefner *et al.* (2005) kunde uttänjda lameller och förändrad basalcellsmorfologi ses histologiskt i dermis-epidermis-övergången. Däremot kunde, till skillnad från Thoefner *et al.* (2005), en ökad förekomst av blödningar, hyperemi, vita blodkroppar i vävnaden eller avlossning av basalmembranet inte ses och därmed sågs inga tecken på inflammation i dermis-epidermis-övergången.

Baserat på forskning från en brittisk forskargrupp har ett alternativt orsakssammanhang föreslagits, där tiden runt kalvningen identifierats som riskperiod för klövhornsskador. I en studie som tittat på skillnader på biomekaniska egenskaper i klövbenets lamellupphängning kring kalvning visades en sänkt hållfasthet och ökad elasticitet hos förstakalvare, i jämförelse med åldersmatchade icke dräktiga kvigor (Tarlton *et al.* 2002). Histologisk undersökning av dermis-epidermis-övergången visade en skillnad i orienteringen av lamellerna, där de åldersmatchade kvigorerna hade raka lameller vinkelräta mot hornväggen medan lamellerna hos förstakalvarna var böjda, både strax innan samt efter kalvning. Även en större mängd kollagen sågs i de dermala lamellerna hos förstakalvarna kring kalvning. Däremot sågs inga tecken på inflammatorisk infiltration. Utifrån dessa resultat lyfter författarna fram hypotesen om att metabola och hormonella förändringar kring kalvning kan påverka hållfastheten i klövbenets lamellupphängning negativt och därmed öka risken för att klövbenet sjunker inne i klövkapseln. Resultaten stöds av en uppföljande studie av samma forskargrupp där en större grupp kvigor och förstakalvare undersökts runt tiden för kalvningen, och där man även undersökte effekten av energi- och proteininnehållet i dieten samt effekten av typ av stall (Knott *et al.* 2007). Även i denna studie sågs en minskad hållfasthet och en ökad elasticitet i klövbenets lamellupphängning samt en förändring i lamellernas orientering kring kalvning. Man kunde även visa en effekt på klövbenets lamellupphängnings biomekaniska egenskaper samt lamellernas orientering beroende av stalltyp. Diet visades inte ha någon effekt på de biomekaniska egenskaperna i klövbenets lamellupphängning. Fyndet stämmer överens med Danscher *et al.* (2010), där ingen skillnad på hållfastheten i klövbenets lamellupphängning kunde ses mellan kvigor som fått oligofruktos och kontrollkvigor.

I tillägg till att risken för klövhornsskador ökar vid klövbenssänkning anses även underlagets egenskaper och djurets ståbeteende kunna påverka risken för klövhornsskador. Tarlton *et al.* (2002) föreslår i sin studie att långa ståtider på hårt underlag, framför allt nära kalvning, ökar trycket mot sulan och därmed är en bidragande orsak till att klövhornsskador uppstår. Denna teori stämmer överens med resultat från en studie gjord på flergångskalvare, där en ökad ståtid under en tvåveckorsperiod innan kalvning associerades med klövhornsskador efter kalvning (Proudfoot *et al.* 2010). Författarna lyfter dock att det på grund av studieupplägget inte säkert gick att avgöra om den förändrade ståtiden var en bidragande orsak för utvecklingen av klövhornsskador eller om det var en konsekvens av redan uppkomna skador. I tillägg har Eriksson *et al.* (2021) i sin studie visat ett signifikant samband mellan längre ståtid och även längre enskilda ståperioder under de två första veckorna efter kalvning med en ökad förekomst av klövhornsskador under topplaktation. En liknande, men icke signifikant, trend sågs även för ståbeteenden under de två sista veckorna innan kalvning samt dagarna runt kalvning. Teorin om att underlagets egenskaper påverkar risken för klövhornsskador stöds av resultat presenterade av Bergsten *et al.* (2015), som visat att kvigor som gått på hårt underlag hade större risk för klövhornsskador än kvigor som gått på mjukt underlag. Samma studie visade även att kvigor som gått på mjukt underlag innan kalvning och som sedan flyttats till hårt underlag efter kalvning hade en högre risk att utveckla klövhornsskador än kvigor som både innan och efter kalvning gick på hårt underlag. Författarna belyser utifrån dessa resultat vikten av underlagets egenskaper redan innan kalvning. Hårt underlag innan kalvning föreslås till och med potentiellt kunna ha en skyddande effekt mot framtida klövhornsskador i samband med kalvning.

Ytterligare en faktor som diskuteras påverka kompressionen av corium är kvarstående patologiska förändringar från tidigare mekaniska klövhornsskador (Hirst *et al.* 2002; Tsuka *et al.* 2012; Newsome *et al.* 2016). En japansk forskargrupp som undersökt klövben från mjölkkor med datortomografi efter slakt såg ett samband mellan ökande storlek på benpålagringar kring *tuberculum flexorium* och ålder (Tsuka *et al.* 2012). De såg även ett samband mellan stora benpålagringar och klövsulesår. Benpålagringarna skulle enligt författarna kunna öka risken för kompression av corium under *tuberculum flexorium* och därmed öka risken för klövhornsskador, genom att ta upp plats i det begränsade utrymmet mellan klövbenet och sulhornet. Även en brittisk forskargrupp har undersökt benpålagringar i området kring *tuberculum flexorium* på mjölkkor efter slakt och sett en positiv korrelation mellan tidigare klövhornsskador och benpålagringarnas storlek (Newsome *et al.* 2016). De föreslår att inflammation i samband med klövhornsskador triggar bildningen av benpålagringarna kring *tuberculum flexorium*, vilket i sin tur ökar risken för nya klövhornsskador och därmed ytterligare inflammation och benpålagringar.

2.6 Elastiska putans funktion och utveckling

Elastiska putan har föreslagits ha en viktig funktion i klöven genom att hjälpa till att fördela kraften inne i klöven under belastningsfasen (Räber *et al.* 2004). En nedsatt funktion hos den elastiska putan föreslås i litteraturen kunna öka risken för att kompressionen på corium överstiger vad vävnaden klarar av och därmed blir patologisk (Bicalho *et al.* 2009).

Som tidigare nämnts består elastiska putan av både fett och bindväv (Räber *et al.* 2004). Totala mängden fett föreslås påverka elastiska putan storlek, vilket i sin tur föreslås påverka dess förmåga att fördela krafter inne i klöven (Wilson *et al.* 2021). Studier har visat att tjockleken av den elastiska putan är relaterad till mängden kroppsfett hos djuret, så att djur med mer subkutant fett har tjockare elastisk puta (Bicalho *et al.* 2009; Newsome *et al.* 2017a). I en tvärsnittsstudie gjord på lakterande mjölkkor sågs tjockleken på den elastiska putan vara starkt relaterat till Body Condition Score (BCS), ju högre BCS desto tjockare elastisk puta (Bicalho *et al.* 2009). Resultaten stärks av en annan studie som undersökt elastiska putan på klövar från vuxna mjölkkor efter slakt och relaterat volymen till tidigare registrerade data på BCS (Wilson *et al.* 2021). Även en longitudinell studie, gjord på kor kring kalvning i första, andra, tredje eller fjärde laktation, har undersökt det här sambandet (Newsome *et al.* 2017a). De visade ett positivt samband mellan back fat thickness (BFT) och tjockleken på den elastiska putan, men lyfte även att elastiska putans tjocklek troligtvis också berodde på flera andra faktorer. Undantaget det övergripande sambandet mellan BFT och tjockleken på elastiska putan var i denna studie perioden direkt efter kalvning, då elastiska putan var som tunnast även om BCS inte hunnit minska efter kalvningen. Författarna förklarar detta med att elastiska putans tjocklek under denna period mest troligt påverkades av en sänkning av klövbenet på grund av hormonellt indicerade förändringar i klövbenets lamellupphängning kring kalvning. Samma studie visade även att mängden kroppsfett varierade beroende av laktationsstadie, där lägst BFT sågs i samband med höglaktation. Detta föreslås kunna ge en påverkan på innehållet och därmed funktionen hos den elastiska putan beroende av laktationsstadie.

Andelen fett i förhållande till bindväv i den elastiska putan har visats skilja mellan djur i olika åldrar (Räber *et al.* 2004). Man har i en studie som tittat på friska klövar från nötkreatur efter slakt sett att kvigor hade en lägre andel fett i sina elastiska putor jämfört med äldre djur. En inlagring av fett i elastiska putan antas därför ske under första laktationen. Dessutom hade kor som kalvat mer än tre gånger en högre andel bindväv i sina elastiska putor än kor som kalvat två till tre gånger. Ett samband mellan förändringar av elastiska putans bindvävsinnehåll och mekaniska klövhornsskador har föreslagits i litteraturen (Räber *et al.* 2004; Wilson *et al.* 2021). Wilson *et al.* (2021) resonerar kring att en ökande andel bindväv skulle kunna vara

en ärrbildning till följd av inflammation i samband med tidigare mekaniska klövhornsskador. Den ökade andelen bindväv skulle i sin tur kunna påverka elastiska putans kraftfördelande förmåga negativt och på så vis öka risken för att utveckla nya klövhornsskador.

Förslaget om att en stor elastisk puta är bättre på att fördela krafter inne i klöven stöds av studier som funnit en högre risk för hälta (Bicalho *et al.* 2009; Newsome *et al.* 2017b; Wilson *et al.* 2021) och klövhornsskador (Bicalho *et al.* 2009; Newsome *et al.* 2017a; Wilson *et al.* 2021) hos kor med tunn elastisk puta. Bicalho *et al.* (2009) rapporterade i sin tvärsnittsstudie en högre prevalens av hälta hos kor med tunnare elastisk puta. Fyndet bekräftades av Newsome *et al.* (2017b) som visade ett positivt samband mellan tunn elastisk puta på laterala bakklövarna och risken för att senare utveckla hälta. I denna studie sågs däremot inget samband mellan elastiska putans tjocklek på mediala bakklövarna och hälta. I studien av Bicalho *et al.* (2009) sågs också ett positivt samband mellan tunnare elastisk puta och förekomsten av klövhornsskador. Även dessa resultat bekräftas av fynd av Newsome *et al.* (2017a) som såg att en tunn elastisk puta ökar risken för att senare utveckla klövhornsskador. Newsome *et al.* (2017a) visade även att kor som utvecklade en klövhornsskada generellt hade en tunnare elastisk puta förutom under tiden en grav klövhornsskada förelåg i klöven. Då sågs istället en tjockare elastisk puta. Författarna föreslår att det kan bero på att klövens mjukdelsvävnad blir inflammerad och därmed förtjockad i samband med skadan (Newsome *et al.* 2017a), vilket ytterligare stärker teorin om inflammationsorsakad bindväv i elastiska putan efter klövhornsskada (Wilson *et al.* 2021).

För att minska risken för hälta och klövhornsskador i mjölkproducerande besättningar har vikten av en väl utvecklad elastisk puta redan i ung ålder lyfts i litteraturen (Oikonomou *et al.* 2014; Gard *et al.* 2015; Newsome *et al.* 2017a). Genetiken och dess påverkan på den elastiska putans storlek är något som lyfts i dessa resonemang. Elastiska putans tjocklek har visats ha en viss arvbarhet (Oikonomou *et al.* 2014; Barden *et al.* 2022). Man har även visat att det finns ett genetiskt samband mellan tjockleken på den elastiska putan och klövhornsskador (Oikonomou *et al.* 2014). Utifrån dessa resultat föreslås att elastiska putans tjocklek skulle kunna användas som en del i avelsarbetet för att förebygga klövhornsskador. En annan del som lyfts i dessa sammanhang är skötselfaktorer av unga djur och dess roll i att främja utvecklingen av den elastiska putan. Detta är ett område som hittills är studerat i en mycket begränsad omfattning. Preliminära resultat från en studie gjord på tjurkalvar av mjölkkras visar dock att kalvar som rörde sig mer och på mer utmanande underlag under de första månaderna i livet hade elastiska putor med större volym och ytarea vid sex månaders ålder än kalvar som rörde sig mindre och på mindre utmanande underlag (Gard *et al.* 2015). En väl utvecklad elastisk puta redan tidigt i livet föreslås kunna vara en viktig del i det förebyggande arbetet mot

mekaniska klövhornsskador hos nötkreatur. Genom att främja utvecklingen av den elastiska putan, och därigenom öka klövens förmåga att fördela krafter inne i klöven, skulle man kunna minska risken för att mekaniska klövhornsskador utvecklas från första början.

3. Material och metod

3.1 Djur och urval

Studien var en del av det större projektet Ko och kalv tillsammans i automatisk mjölkproduktion, som utfördes på Lövsta lantbruksforsknings försöksgård vid Sveriges lantbruksuniversitet under hösten 2019 och hösten 2020 (etiskt tillstånd med diarienummer 5.8.18-19267/2017 respektive 5.8.18-18138/2019). I studien ingick de tjurkalvar av raserna svensk holstein (SH) och svensk röd och vit boskap (SRB) som föddes i två omgångar inom det större projektet, dels under perioden 2019-08-16 till 2019-09-25 (omgång A), och dels under perioden 2020-09-03 till 2020-10-14 (omgång B). Tjurkalvarna i båda omgångarna fördelades i försöksgrupp respektive kontrollgrupp, där försökskalvarna under mjölkperioden hölls tillsammans med moderdjuren antingen i lösdriftstallar eller på bete och kontrollkalvarna hölls skilda från moderdjuren antingen ensamma i kalvhyddor eller i små gruppboxar.

I omgång A skedde fördelningen baserat på kalvningsdatum, där försökskalvar (n=5) föddes mellan 2019-08-16 och 2019-09-01, och kontrollkalvarna (n=6) mellan 2019-09-06 och 2019-09-25. Denna fördelningsstrategi valdes för att hålla nere åldersspridningen på tjurkalvarna inom grupperna och därmed minska risken för sjukdomsspridning mellan kalvarna. I omgång B skedde fördelningen genom att varannan född tjurkalv placerades i försöksgruppen (n=7) och varannan placerades i kontrollgruppen (n=7). Denna fördelningsstrategi valdes för att undvika tidseffekter, då man i den tidigare omgången inte sett någon ökad sjuklighet.

3.1.1 Exkluderade djur

Under försökets gång exkluderades två kalvar ur studien. Den första kalven exkluderades vid 27 dagars ålder då moderjuret avlivades på grund av fläkning och benbrott (SH; försöksgrupp omgång A). Den andra kalven insjuknade hastigt i samband med avvänjningen och avlivades vid 118 dagars ålder efter några dagars understödjande behandling (SRB; försöksgrupp omgång B).

3.2 Skötsel och inhysning

Försökskalvarna hölls tillsammans med moderdjuren antingen inomhus i lösdriftsstallar eller ute på bete under mjölkperioden. Efter separationen flyttades de till en större gruppbox med andra kalvar i samma ålder. Kontrollkalvarna avskildes från moderdjuren inom 12 timmar efter födseln och hölls sedan antingen ensamma i kalvhyddor eller i mindre gruppboxar under mjölkperioden. Efter detta flyttades även kontrollkalvarna till större gruppbox med andra kalvar i samma ålder. För mer detaljerad beskrivning av hållningssystem och djurförflyttningar för respektive grupp se underrubriker nedan samt Figur 3.

Samtliga kalvar gavs daglig tillsyn. De hade ständigt fri tillgång på grovfoder och vatten utan konkurrens från vuxna djur, samt tillgång till ströad liggyta som hölls torr. Kalvarna avhornades och kastrerades under sedering och lokalbedövning, postoperativ smärtlindring gavs. Avhorning skedde vid $22 \pm 7,4$ ($\bar{x} \pm SD$) dagars ålder (intervall 14-41 dagar). Kastration skedde i omgång A vid $102 \pm 12,9$ dagars ålder (intervall 82-122 dagar) och i omgång B i samband med avhorning vid $17 \pm 1,7$ dagars ålder (intervall 14-19 dagar). En kalv i omgång B kastrerades senare, vid 86 dagars ålder, på grund av upprepade omgångar med diarré vilket kunde ha kontaminerat operationssåret. Samtliga kalvar vägdes ca en månad innan avlivning och kroppsvikten registrerades.

3.2.1 Inhysning försöksgrupp omgång A

Tjurkalvarna i försöksgrupp omgång A ($n=5$) föddes utomhus i ett mobilt kalvningsstall med halmbädd uppdelat i kalvningsboxar på $11,5 \text{ m}^2$ per box. Här hölls kalven tillsammans med moderdjuret under de 2-3 första levnadsdygnen. Därefter delades ko-kalv-paren in i 2 undergrupper där ena gruppen ($n=2$) flyttades in i stallet och andra gruppen ($n=3$) släpptes ut på bete.

I inomhusgruppen hölls kalvarna i en lösdrift med Voluntary Milking System (VMS; DeLaval VMSTM Classic, DeLaval International AB, Tumba, Sverige) tillsammans med sina mödrar. Kalvarna kunde vistas i en del av lösdriften uppdelad på en kontaktyta där de kunde träffa moderdjuren (92 m^2) och en kalvgömma dit endast kalvarna hade tillträde (35 m^2). Kontaktytan och kalvgömman bestod av liggbås med madrass (M40R, DeLaval International AB, Tumba, Sweden) täckt med spån samt en betonggång med gödselskrapa. Moderdjuren kunde lämna kontaktytan för att vila, äta och mjölkas.

I utomhusgruppen hölls kalvarna ute på bete tillsammans med sina mödrar (ca 29 500 m^2). Även här fanns en kalvgömma dit endast kalvarna hade tillgång. Den bestod av en avstängslad del av betet samt ett halmt vindskydd (46 m^2). Moderdjuren kunde röra sig fritt mellan VMS inne i stallet och betet, medan kalvarna hölls

kvar ute på betet med fjäderbromsande grindar. Vid betessäsongens slut, då kalvarna var $49 \pm 8,5$ dagar gamla (intervall 43-55 dagar) flyttades utomhusgruppen in till lösdriften och slogs samman med inomhusgruppen.

Kalvar diade fritt från sina mödrar fram tills $60 \pm 7,0$ dagars ålder (intervall 51-67 dagar) då en avvänjningsperiod inleddes med 12 h kontakt per dag. Vid $96 \pm 19,3$ dagars ålder (intervall 77-115 dagar) separerades kalvarna helt från sina mödrar. Orsaken till det vidare åldersspannet vid separationen var att två av kalvarna var tvungna att separeras tidigare än planerat på grund av att de började uppvisa reproduktionsbeteenden och därmed inte kunde gå kvar i lösdriften tillsammans med moderdjuren. Kalvarna flyttades i samband med separationen till en större gruppbox (44 m^2) med liggyta bestående av betonggolv täckt med rikligt med spån samt fodergång med betongspaltgolv. Samtliga kalvar avlivades medelst bultpistol och avblodning vid $192 \pm 7,0$ dagars ålder (intervall 183-199 dagar).

3.2.2 Inhysning kontrollgrupp omgång A

Tjurkalvarna i kontrollgrupp omgång A ($n=6$) föddes inomhus i kalvningsboxar ($12,6 \text{ m}^2$) med gummimatta täckt med spån. Kalvarna separerades från sina mödrar och flyttades i samband med det utomhus till enskilda kalvhyddor (2 m^2) med halmbädd och tillhörande hage ($1,8 \text{ m}^2$) med betonggolv. Vid $45 \pm 4,7$ dagars ålder (intervall 38-50) flyttades kalvarna in i stallet till mindre gruppboxar ($23,4 \pm 7,34 \text{ m}^2$) med liggyta bestående av betonggolv täckt med rikligt med spån samt fodergång med betongspaltgolv. Kalvarna flyttades och omfördelades mellan flera liknande små gruppboxar fram tills de vid $111 \pm 4,7$ dagars ålder (intervall 103-116 dagar) flyttades till en större gruppbox (44 m^2). Den större gruppboxen var identisk med den större gruppboxen som försökskalvarna i omgång A hölls i. De avlivades på samma sätt som försökskalvarna vid $171 \pm 7,8$ dagars ålder (intervall 159-178 dagar)

3.2.3 Inhysning försöksgrupp omgång B

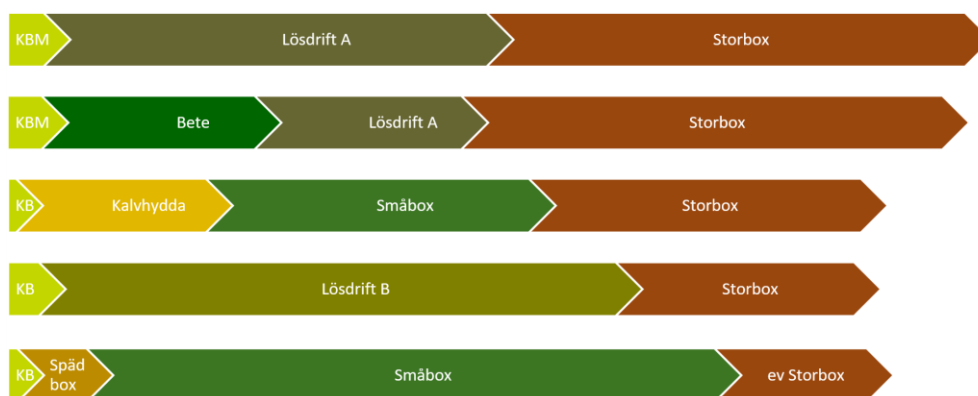
Tjurkalvarna i försöksgrupp omgång B ($n=7$) föddes inomhus i kalvningsbox ($12,6 \text{ m}^2$) med gummimatta täckt med spån. Där hölls de tillsammans med sin moder under de 2-3 första levnadsdygnen för att sedan tillsammans flyttas ut till samma lösdrift som kalvarna i försöksgrupp omgång A tidigare hölls i. Lösdriftens olika delar var till denna omgång omgjorda så att de delarna kalvarna kunde vistas i hade flyttats och gjorts större. Kontaktytan där kalvarna kunde träffa moderdjuren (118 m^2) bestod fortsatt av liggbås med madrass (M40R, DeLaval International AB, Tumba, Sweden) täckt med spån samt en betonggång med gödselskrapa. Kalvgömman (58 m^2) lades i denna omgång istället direkt utanför en långsida av lösdriften i en oanvänd drivgång med betonggolv täckt med rikligt med spån. Kalvarna hade också tillgång till en egen skyddad ligghörna (4 m^2) med madrass

(M40R, DeLaval International AB, Tumba, Sweden) täckt med spån som hölls extra torr och mjuk. Moderdjuren kunde även i denna omgång lämna kontaktytan för att vila, äta och mjölkas.

Kalvarna diade fritt från sina mödrar fram tills $108 \pm 4,9$ dagars ålder (intervall 101-114 dagar), då de avvandes med hjälp av nosbricka (QuietWean Nose-Flaps, QuietWean, Saskatoon, Canada). Fjorton dagar senare separerades kalvarna från moderdjuren och flyttades till samma typ av större gruppbox (44 m²) som användes i försöksomgång A. Kalvarna avlivades på samma sätt som kalvarna i omgång A vid $167 \pm 5,1$ dagars ålder (intervall 159-172 dagar).

3.2.4 Inhysning kontrollgrupp omgång B

Tjurkalvarna i kontrollgrupp omgång B (n=7) föddes inomhus i kalvningsbox (12,6 m²) med gummimatta täckt med spån. Kalvarna separerades från sina mödrar och flyttades i samband med det till enskilda spädkalvsboxar (1,1 m²) i plywood med halmbädd. Vid $4 \pm 0,8$ dagars ålder (intervall 3-5 dagar) flyttades de till mindre gruppboxar (23,4 \pm 7,34 m²) som fylldes upp med 4-5 kontrollkalvar i varje box. De mindre gruppboxarna bestod av en liggyta med betonggolv täckt med riktigt med spån samt fodergång med betongspaltgolv. Kalvarna flyttades och omfördelades mellan flera liknande små gruppboxar under försökets gång. Tre av kalvarna hölls kvar i de små gruppboxarna fram tills avlivning medan fyra av kalvarna flyttades ytterligare en gång vid $147 \pm 8,7$ dagars ålder (intervall 135-156 dagar) till samma typ av större gruppbox (44 m²) som användes i omgång A och försöksgruppen i omgång B. Samtliga kalvar i kontrollgrupp omgång B avlivades på samma sätt som kalvarna i omgång A och försökskalvarna i omgång B vid $173 \pm 7,0$ dagars ålder (intervall 162-182 dagar).



Figur 3. Förflyttning av kalvar mellan de olika hållningssystemen från födsel till avlivning presenterat uppifrån och ned i försöksgrupp omgång A innegrupp respektive utegrupp, kontrollgrupp omgång A, försöksgrupp omgång B och kontrollgrupp omgång B. KBM=Mobil kalvningsbox på bete, KB=Kalvningsbox på stall, Kalvhydda=Kalvhydda utomhus med tillhörande mindre hage, Spädbox=Spädkalvsbox på stall, Lösdrift A=lösdrift i omgång A, Lösdrift B=Lösdrift i omgång B. Småbox=Mindre gruppbox, Storbox=Större gruppbox.

3.3 Rörelsemängd

Kalvarna utrustades med en aktivitetsmätare (IceQube, IceRobotics Ltd., Edinburgh, Storbritannien) som fästes runt ena bakbenet inom några dagar efter födseln. De registrerade kontinuerligt rörelse hos respektive kalv. Var sjunde dag under försökets gång lästes rörelsedata ut från aktivitetsmätarna. Registrerad rörelse hos kalvarna upp tills de var åtta veckor användes i studien. Perioden åtta veckor valdes utifrån att man idag får hålla kalvar i ensambox fram till max åtta veckors ålder. Variablerna Motion index (MI), antal steg samt ståtid valdes ut för att utvärderas i vidare analyser.

3.4 Ultraljudsmätning av SST-tjocklek

I samband med avlivning avlägsnades klövarna inklusive distala delen av benen upp till carpus/tarsus vilka förpackades i plastpåsar och frystes ner till -20° C. Från omgång A hölls klövarna frysta i ca 2,5 år och från omgång B i ca 1,5 år. De tinades därefter upp i vattenbad med ljummet vatten och verkades med klövkniv tills jämn sulyta samt dorsal klövvinkel på 45-50 grader uppnåddes. Därefter utfördes ultraljudsmätningar av klövarnas sole soft tissue (SST) med ultraljudsapparaten GE LOGIQ e (LOGIQ e R8, GE Medical Systems (China) CO. Ltd., Wuxi, China). SST inkluderar corium och elastiska putan mellan sulhornet och klövbenet (Figur 5)

3.4.1 Metodutveckling ultraljudsmätning

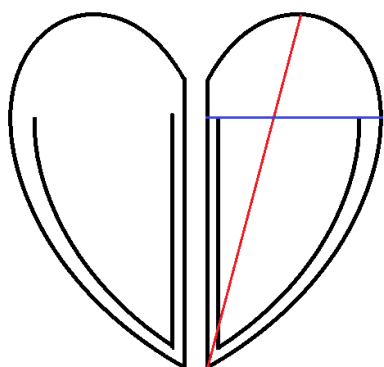
Den metodik som användes vid ultraljudsmätningarna baserades på beskrivningar i Kofler *et al.* (1999) och Newsome *et al.* (2017a). Då tidigare studier mätt SST-tjocklek på vuxna djur krävdes en viss metodutveckling för att anpassa metoden till unga djurs klövar. Metodutvecklingen utfördes av de två operatörer som senare skulle utföra mätningarna på studieklövarna. Klövarna från den exkluderade kalven i försöksomgång B, som avlivades vid 118 dagars ålder på grund av sjukdom användes vid metodutvecklingen. Ultraljudsprob prövades ut och inställningar justerades för att uppnå en tillfredsställande bildkvalité. De inställningar (Frekvens 8,0 Hz, Focal point 1-2, FR 35, AO % 100, CHI, Gn 50, S/A 3/2, Map S/0, D 3,0, DR 96) och den prob (linjär prob L-12) som prövades fram hölls sedan konstanta under resten av studien.

Ultraljudsmätningar utfördes även av de två operatörerna för att träna in mättekniken och på så sätt uppnå tillfredsställande överensstämmelse på mätvärdena av samma klöv. Detta gjordes genom att upprepade mätningar utfördes på klövarna från samma kalv som användes vid metodutvecklingen, tre mätningar per operatör på vardera klövhalva. Därefter beräknades variationskoefficienten (CV) för båda

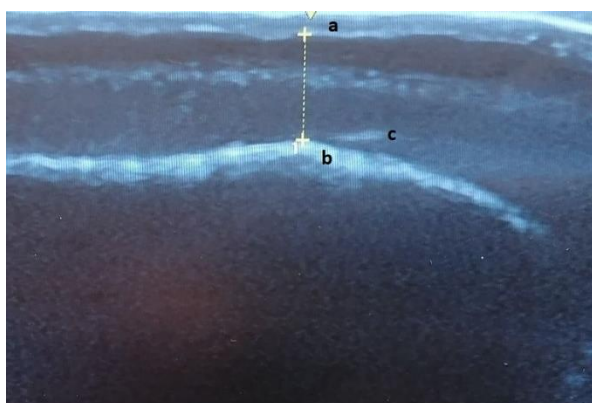
observatörerna enskilt och också för samtliga mätvärden för respektive klövhalva. När tillfredställande repeterbarhet på mätningarna uppnåts (medelvärde \pm standardavvikelse av CV för de åtta klövhalvorna: operatör 1=3,9 \pm 4,08 %; operatör 2=3,8 \pm 3,51 %; operatör 1 och 2 tillsammans=4,2 \pm 3,15 %) inleddes ultraljudsmätningarna av de klövar som ingick i studien.

3.4.2 Ultraljudsmätning av studieklövarna

Vattenbaserad ultraljudsgel applicerades på sulytan. Därefter placerades ultraljudsproben mitt på sulan, vinkelrätt mot sulytan, på en tänkt linje mellan tåspetsen och centralt på ballen (Figur 4). Ultraljudsproben fördes i palmar/plantar riktning mot ballen tills *tuberculum flexorium* identifierades. En bild på området kodades och sparades för senare mätning av SST-tjocklek. Utförandet upprepades totalt sex gånger (tre mätningar per operatör) på vardera klövhalva. Minst två dagar efter ultraljudsmätningarna mättes SST-tjockleken från innerkontur på sulhornet till konturen på klövbenet vid *tuberculum flexorium*:s högsta punkt av en av operatörerna (Figur 5), därefter avkodades bilderna.



Figur 4. Schematisk bild på klöv sedd från sulytan. Rött streck=riktning på ultraljudsproben samt mätning av klövlängd från tåspets till sulytans slut centralt på ballen. Blått streck=mätning av klövbredd i övergången mellan sulhorn och ballhorn i höjd med vita linjens slut.



Figur 5. Ultraljudsbild på klöv med ultraljudsprob placerad på sulytan mitt för *tuberculum flexorium*. a=sulhorn, b=klövben, c=djupa böjsenan, gul streckad linje=Sole Soft Tissue (SST) tjocklek.

3.5 Mätning av klövkapsel

Direkt efter verkning och ultraljudsmätning utfördes mätningar av klövkapselns bredd och längd med linjal på samtliga klövhalvor. Längden mättes från tåspets till

sulytans bakre kant centralt på ballen. Bredden mättes i övergången mellan sulhorn och ballhorn i höjd med vita linjens slut (Figur 4).

3.6 Databearbetning

3.6.1 Rörelsedata

Rörelsedata från aktivitetsmätarna registrerades i summerade rader om 15 minuter. Data från första dagen med registrerad rörelsedata, dagar med avvikande antal timmar (tidsomställning till vintertid) och dagar då sensordata lästes ut exkluderades från analyserna.

Då vi var intresserade av rörelse som belastade den elastiska putan, behölls värdena för Motion index (MI; värde på ackumulerad acceleration utan beskriven enhet), antal steg samt ståtid endast från de 15-minutersregistreringar som innehöll ståtid. Övriga 15-minutersregistreringar, som endast innehöll liggtid, exkluderades då rörelse under dessa perioder mest troligt inte innebar belastning på den elastiska putan. Värdena för respektive variabel summerades ihop per dag, därefter beräknades medelvärde per dag och djur för respektive variabel. Dessa medelvärden av MI per dag, antal steg per dag och ståtid per dag under de första åtta levnadsveckorna för respektive djur användes i vidare statistiska analyser.

3.6.2 SST-tjocklek, klövstorlek och kroppsvikt

Medelvärde av de sex ultraljudsmätningar av SST-tjockleken på vardera klövhalva beräknades. Detta värde relaterades till respektive klövhalvas storlek genom att divideras med klövbredden. Klövstorleksmättet klövbredd valdes då detta mest troligt påverkades mindre av verkningen än klövlängden. Därefter beräknades medelvärdet av de åtta klövhalvornas klövstorleksrelaterade SST-tjocklek för respektive kalv. Bearbetningen resulterade i ett värde för SST-tjocklek kontrollerat för klövstorlek per kalv som sedan användes i vidare statistiska analyser.

Medelvärdena av de sex ultraljudsmätningar av SST-tjockleken på vardera klövhalva användes även för att direkt beräkna ett medelvärde av SST-tjockleken för respektive kalv. Detta värde relaterades sedan till kalvens storlek genom att divideras med kroppsvikten från vägningen ca en månad innan avlivning. Bearbetningen resulterade i ett värde för SST-tjocklek kontrollerat för djurstorlek per kalv som sedan användes i vidare statistiska analyser.

3.7 Statistiska analyser

För att testa om det förelåg skillnader i SST-tjocklek kontrollerat för klövstorlek mellan samtliga försöks- och kontrollkalvar utfördes ett two-sample t-test. Signifikansnivån sattes till $p < 0,05$ och nollhypotesen var att ingen skillnad förelåg mellan de två grupperna.

För att testa om det förelåg skillnader i SST-tjocklek kontrollerat för klövstorlek mellan försöksgrupp och kontrollgrupp omgång A, samt försöksgrupp och kontrollgrupp omgång B utfördes separata Mann Whitney U tester för respektive omgång. Ingen hypotestestning utfördes med försökskalvarna i omgång A uppdelade på innegrupp och utegrupp då antalet djur per subgrupp var för litet. Signifikansnivån sattes till $p < 0,05$ och nollhypotesen var att ingen skillnad förelåg mellan grupperna.

För att utvärdera om en ökad rörelsemängd under de första åtta levnadsveckorna hade ett samband med en tjockare SST, samt vilken funktionell form det eventuella sambandet kunde ha, utfördes en linjär regression och en polynomial linjär regression med två grader. Antal grader som testades med polynomialregressionen bestämdes utifrån principen för avtagande avkastning, där antagandet var att med linjärt ökande rörelsemängd skulle ökningen av SST-tjockleken successivt minska. Addering av ytterligare grader bedömdes innebära ett biologiskt orealistiskt samband. Determinationskoefficienten (r^2) beräknades för respektive modell.

4. Resultat

4.1 Studiepopulation

4.1.1 Deskriptiva resultat

Studiens resultat baseras på de djur som kvarstod i studien under hela studieperioden (n=23). Antal djur, ras och ålder vid avlivning för respektive kalvgrupp presenteras i Tabell 1.

Tabell 1. Slutlig gruppindelning för tjurkalvarna som användes i studien, exkluderade djur (n=2; ett vardera från försökskalvar omgång A och försökskalvar omgång B) ej medtagna i tabellen.

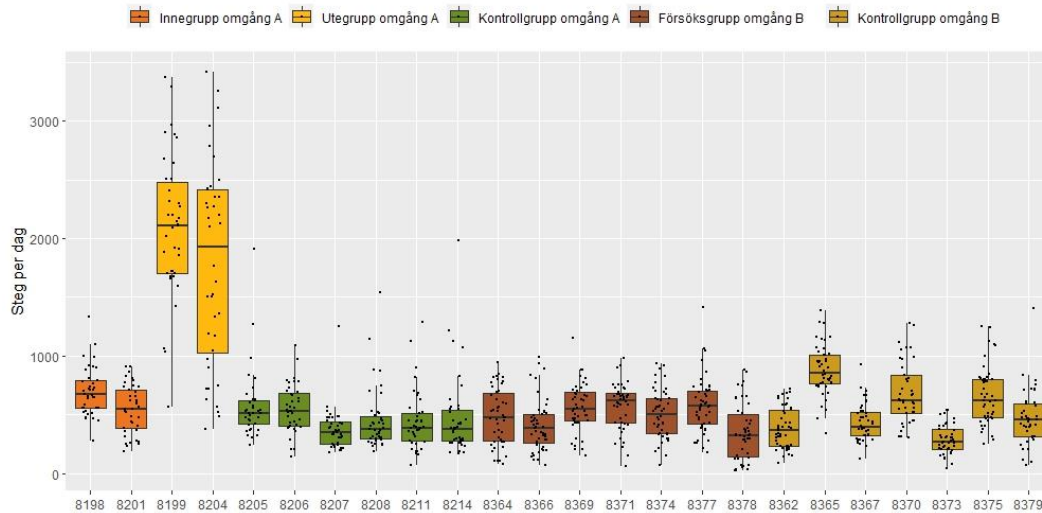
Grupp	n	Ras (n)		Ålder vid avlivning (dagar)		
		SH	SRB	Medel	SD	Intervall
Försökskalvar omgång A	4	4	0	192	7,0	183-199
Innegrupp	2	2	0	194	7,1	189-199
Utegrupp	2	2	0	189	8,5	183-195
Kontrollkalvar omgång A	6	2	4	171	7,8	159-178
Försökskalvar omgång B	6	4	2	167	5,1	159-172
Kontrollkalvar omgång B	7	3	4	173	7,0	162-182

4.2 Rörelsemängd

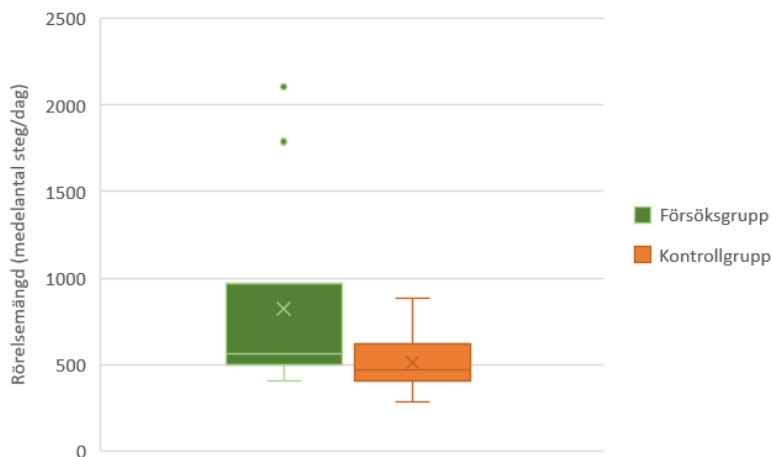
4.2.1 Deskriptiva resultat

Deskriptiv utvärdering visade att ståtiden per dag inte skiljde sig nämnvärt mellan kalvarna i de olika grupperna (se bilaga 1). Ståtid ansågs därför inte vara en bra prediktor för rörelsemängd och användes därför inte i vidare analyser. MI per dag och antal steg per dag visades vara starkt korrelerade till varandra (se bilaga 2), varför endast antal steg per dag användes i de statistiska analyserna. Antal steg per dag för respektive kalv presenteras i figur 6. Spridningen av den genomsnittliga rörelsemängden per dag under de första 8 levnadsveckorna var för försökskalvarna 405-2106 steg per dag och för kontrollkalvarna var spridningen 287-880 steg per

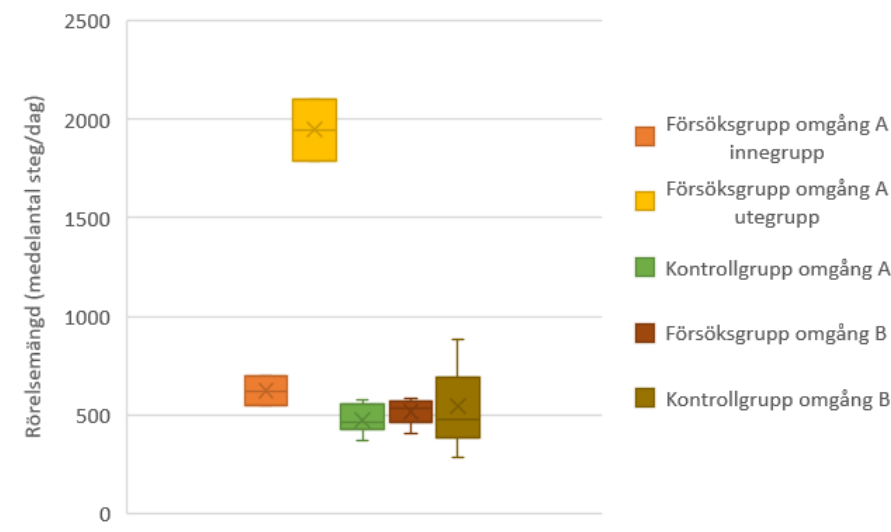
dag (Figur 7). Ett tydligt större antal steg i medel per dag under de åtta första levnadsveckorna kunde ses hos försökskalvarna i omgång A:s utegrupp i jämförelse med samtliga andra kalvgrupper (Figur 8).



Figur 6. Rörelsemängd registrerad av aktivitetsmätare fästa på tjurkalvarnas ben uttryckt i steg per dag under ståtid för respektive kalv. Box=första till tredje kvartilen, linje i box=median, whiskers=maxvärde respektive minvärde, dock ej längre än 1,5 interkvartilavstånd från box, punkt=individuellt mätvärde per dag.



Figur 7. Rörelsemängd registrerad av aktivitetsmätare fästa på tjurkalvarnas ben uttryckt i medelantal steg per dag under ståtid uppdelat i försöksgrupp respektive kontrollgrupp. De två extremvärdena i försöksgruppen representerar de två kalvarna i gruppen försökskalvar omgång A utegruppen. Box=första till tredje kvartilen, X=medelvärde, linje i box=median, whiskers=maxvärde respektive minvärde, punkt=extremvärde.



Figur 8. Rörelsemängd registrerad av aktivitetsmätare fästa på tjurkalvarnas ben uttryckt i medelantal steg per dag under ståtid, uppdelat i försöksgrupp omgång A innegrupp respektive utegrupp, kontrollgrupp omgång A, försöksgrupp omgång B och kontrollgrupp omgång B. Box=första till tredje kvartilen, X=medelvärde, linje i box=median, whiskers=maxvärde respektive minvärde.

4.3 SST-tjocklek, klövstorlek och djurstorlek

4.3.1 Deskriptiva resultat

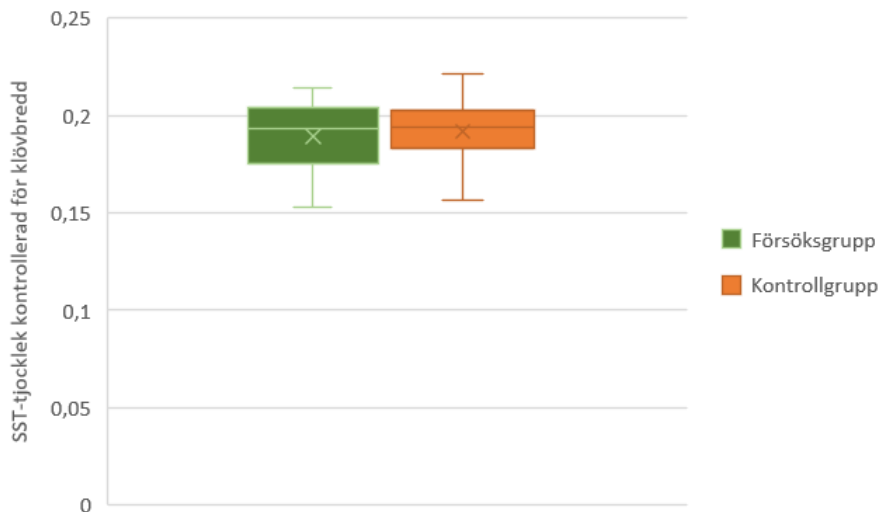
Resultat från ultraljudsmätningarna av SST-tjockleken (värden ej kontrollerade för klövstorlek eller djurstorlek) och mätningarna av klövbredden presenteras för respektive kalvgrupp i tabell 2. Då data för kroppsvikt endast fanns från ca en månad innan avlivning samt eventuella variationer i hull ej var kända ansågs tillgängliga data på kroppsvikt inte vara ett tillräckligt bra mått för djurstorleken. SST-tjockleken kontrollerad för djurstorlek redovisas därför ej inom arbetet, deskriptiva resultat kan dock ses i bilaga 3 och 4.

Tabell 2. Medelvärde samt standardavvikelse för SST-tjocklek ej kontrollerad för klövstorlek eller djurstorlek samt klövbredd i försöksgrupp omgång A innegrupp respektive utegrupp, kontrollgrupp omgång A, försöksgrupp omgång B och kontrollgrupp omgång B

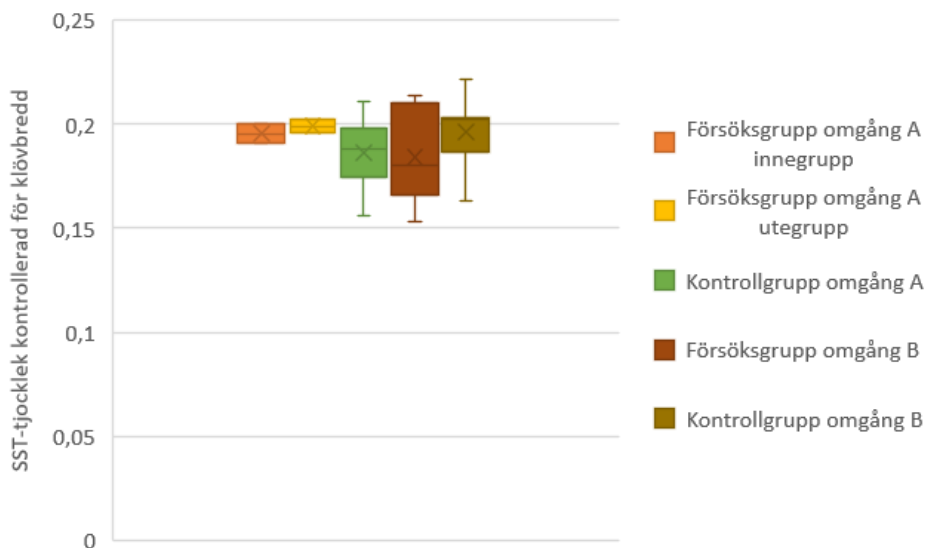
Grupp	SST-tjocklek* (mm)	Klövbredd* (mm)
Försökskalvar omgång A innegrupp	7,8 ± 0,58	40,0 ± 1,77
Försökskalvar omgång A utegrupp	7,8 ± 0,64	39,4 ± 2,30
Kontrollkalvar omgång A	6,9 ± 0,55	37,0 ± 2,15
Försökskalvar omgång B	6,6 ± 0,73	36,0 ± 1,49
Kontrollkalvar omgång B	7,2 ± 0,69	36,7 ± 1,27

*Medelvärde ± standardavvikelse

Försökskalvarnas SST-tjocklek kontrollerad för klövbredd var i genomsnitt $0,190 \pm 0,0188$ och kontrollkalvarnas SST-tjocklek kontrollerad för klövbredd var i genomsnitt $0,192 \pm 0,0180$ (Figur 9). Notera den numeriskt något större SST-tjockleken kontrollerad för klövbredd i utegruppen hos försökskalvarna omgång A i förhållande till övriga kalvar i omgång A. (Figur 10).



Figur 9. SST-tjocklek kontrollerad för klövbredd i försöksgrupp respektive kontrollgrupp. Box=första till tredje kvartilen, X=medelvärde, linje i box=median, whiskers=maxvärde respektive minvärde.



Figur 10. SST-tjocklek kontrollerad för klövbredd uppdelat i försöksgrupp omgång A innegrupp respektive utegrupp, kontrollgrupp omgång A, försöksgrupp omgång B och kontrollgrupp omgång B. Box=första till tredje kvartilen, X=medelvärde, linje i box=median, whiskers=maxvärde respektive minvärde.

4.3.2 Hypotestestning

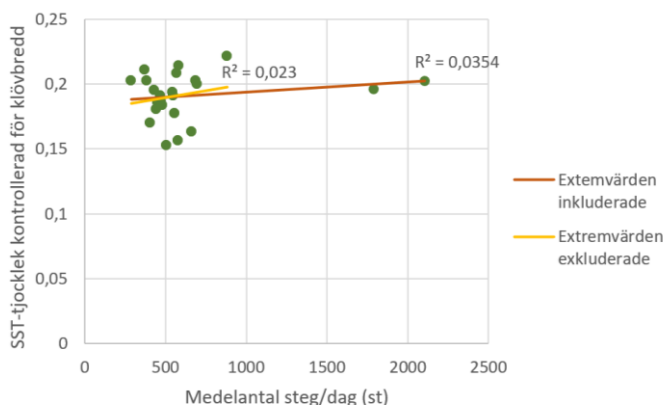
Inga statistiskt signifikanta skillnader i SST-tjocklek kontrollerad för klövbredd förelåg mellan samtliga försökskalvar och samtliga kontrollkalvar, $t(19) = -0,29$; $P = 0,776$.

Inga statistiskt signifikanta skillnader i SST-tjocklek kontrollerad för klövbredd förelåg mellan försökskalvarna i omgång A (median=0,198) och kontrollkalvarna i omgång A (median=0,188), $U(n_{\text{försök}}=4, n_{\text{kontroll}}=6) = 28$; $P = 0,241$. Inte heller mellan försökskalvarna i omgång B (median=0,180) och kontrollkalvarna i omgång B (median=0,203) förelåg en statistisk signifikant skillnad i SST-tjocklek kontrollerad för klövbredd, $U(n_{\text{försök}}=6, n_{\text{kontroll}}=7) = 36$; $P = 0,432$.

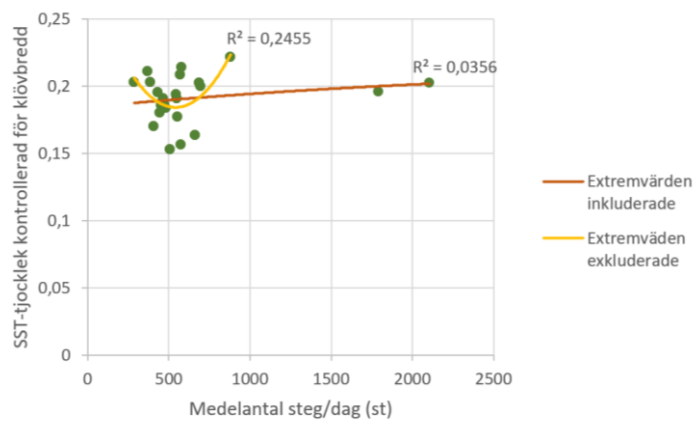
4.4 Samband mellan rörelsemängd och SST-tjocklek

4.4.1 Explorativa resultat

Vid linjär regression sågs ett ytterst svagt positivt samband mellan SST-tjockleken kontrollerad för klövbredd och medelantal steg per dag. När de två extremvärdena (de två kalvarna i försöksgrupp omgång A:s utegrupp) exkluderas sågs fortsatt ett positivt samband, fast nu ytterligare svagare (figur 11). Determinationskoefficienten var 0,0354 med extremvärden inkluderade och 0,023 utan extremvärden, vilket innebär att sambandet mellan medelantal steg per dag och SST-tjockleken förklarade 3,5 % av variabiliteten i SST-värdena när alla mätvärden inkluderades i analysen och 2,3 % när kalvarna i utegruppen exkluderades. För polynomialregressionen var determinationkoefficienten 0,0356 med extremvärdena och 0,2455 utan. I Figur 12 kan man dock se att polynomialregressionen utan extremvärdena var kraftigt påverkat av ett avvikande mätvärde.



Figur 11. Samband mellan rörelsemängd uttryckt i medelantal steg per dag under ståtid och SST-tjocklek. Linjär trendlinje anpassad med respektive utan extremvärden inkluderade.



Figur 12. Samband mellan rörelsemängd uttryckt i medelantal steg per dag under ståtid och SST-tjocklek. Polynom trendlinje anpassad med respektive utan extremvärden inkluderade.

5. Diskussion

5.1 Rörelsemängd

Rörelsemängden hos försöksgruppen hade en större spridning i medelantal steg per dag i jämförelse med kontrollgruppen (försöksgruppen 405-2106 steg per dag; kontrollgruppen 287-880 steg per dag). När rörelsemängden hos enskilda kalvar undersöks sågs att det framför allt var de två försökskalvarna i omgång A utegruppen som bidrog till den stora spridningen i försöksgruppen, då deras aktivitetsmätare i medeltal registrerade mer än dubbelt så många steg per dag jämfört med övriga kalvar. Skillnader i rörelsemängd mellan de mindre subgrupperna i omgång A bör tolkas med stor försiktighet då antalet djur i vardera grupp var mycket lågt. Resultaten väcker dock intresse kring varför just dessa två kalvar stack ut i rörelsemängd. Man skulle kunna tänka sig att själva utevistelsen på bete främjade rörelse mer än vistelse i olika typer av hållningssystem inomhus. Man skulle också kunna tänka sig att den betydligt större ytan som utegruppen hade tillgång till i jämförelse med samtliga andra kalvgrupper främjade rörelse. Att större yta har ett samband med ökad rörelse har tidigare visats hos mjölkraskalvar. Abdelfattah *et al.* (2013) såg i sin studie att kalvar som hölls på 3x2,4 m respektive 3x4,8 m rörde sig mer än kalvar som hölls på 3x1,2 m. De höll dock alla djur inomhus och ytorna var betydligt mindre för samtliga kalvar i jämförelse med vad kalvarna i utegruppen hade tillgång till i vår studie. Direkta jämförelser i rörelsemängd mellan utegruppen i denna studie och kalvarna i studien av Abdelfattah *et al.* (2013) bör därför göras med försiktighet.

Rörelsemängden hos kontrollkalvarna i omgång A, som hölls majoriteten av de första åtta levnadsveckorna i små kalvhyddor utomhus, skiljde sig mycket lite från rörelsemängden hos kontrollkalvarna i omgång B, som hölls majoriteten av de första åtta levnadsveckorna i större gruppboxar inomhus (median för medelantal steg per dag kontrollgrupp omgång A 460 st; kontrollgrupp omgång B 473 st). När dessa två grupper jämförs verkar alltså storleksskillnaden på den tillgängliga ytan inte påverka rörelsemängden nämnvärt. Då de två grupperna föddes och växte upp med ca ett års mellanrum i tid bör jämförelser mellan dem göras med försiktighet. Det är möjligt att det fanns okända faktorer som skiljde mellan omgångarna och

som påverkade rörelsemängden. Med försiktighet i åtanke väcker ändå resultaten intresse för vad som gjorde att dessa kalvar inte skiljde mer i rörelsemängd, då tidigare litteratur sett en påverkan på rörelsemängd redan vid små storleksskillnader på tillgänglig yta att röra sig på (Abdelfattah *et al.* 2013). Återigen skulle utomhusfaktorn kunna vara en möjlig förklaring. Kalvarna som hölls utomhus i kalvhyddor kan ha utsatts för fler stimuli från miljön än kalvarna inomhus i gruppboxar. Fler stimuli som initierade rörelse skulle kunna öka rörelsemängden hos utekalvarna trots att de hade en mindre yta att röra sig på. Det skulle därigenom kunna jämna ut skillnaderna i rörelsemängd gentemot kalvarna som hölls inomhus i gruppboxar med större tillgänglig yta. Man skulle även kunna tänka sig att kalvarna som hölls utomhus i kalvhyddor påverkades mer av väderförhållandena än kalvarna som hölls inomhus i gruppboxar. Väderförhållandena skulle kunna påverka utekalvarna så att de rörde på sig mer för att hålla uppe kroppsvärmen. Det skulle därigenom också kunna bidra till att jämna ut skillnaderna i rörelsemängd gentemot kalvarna som hölls inomhus i gruppboxar med större tillgänglig yta.

En viktig aspekt när det kommer till rörelse och dess eventuella påverkan på utvecklingen av stödjevåvnaden i klöven är kvalitén på rörelserna som utförs. Man skulle kunna tänka sig att en kalv som hålls på en större yta tar ut sina steg bättre än en kalv som hålls i en liten box. Klövisättningen efter ett långt steg leder mest troligt till en större belastning på den elastiska putan än efter ett kort steg, utifrån dess anatomiska placering. Man skulle även kunna tänka sig att en kalv som hålls på större yta hinner få upp mer fart än en kalv som hålls i en liten box. Klövisättningen vid rörelse i högre hastighet ger också mest troligt större belastning på den elastiska putan än vid rörelse i lägre hastighet. Man skulle alltså kunna tänka sig att en större yta att röra sig på inte bara främjar en ökad total rörelsemängd och därigenom en eventuell påverkan på den elastiska putan tjocklek. Även en bättre kvalitet på rörelserna tack vare en större tillgänglig yta skulle kunna vara ett möjligt orsaks samband till utveckling av en tjockare elastisk puta. I denna studie användes aktivitetsmätare som beräknar rörelsemängden baserat på accelerometrar som känner av rörelse. De kan alltså inte säkert säga vilken typ av rörelse som utförs. Hur kvalitén på rörelserna påverkade stödjevåvnaden och den elastiska putans tjocklek i klöven kunde därför inte utvärderas utifrån resultaten i denna studie.

5.2 SST-tjocklek

denna studie mättes SST-tjockleken till ca 7 mm vilket är något tunnare än resultat rapporterade av Bicalho *et al.* (2009). I deras studie undersöktes dock klövar från vuxna nötkreatur. De mindre mätvärdena i denna studie kan därför antagas bero på att klövarna hos våra kalvar inte var helt färdigvuxna. Newsome *et al.* (2017a) rapporterade i sin studie en SST-tjocklek ca hälften så stora som i studien av

Bicalho *et al.* (2009). Författarna lyfte i sin diskussion att mätpunktens placering skiljde sig mellan de båda studierna, och att det därför är troligt att olika delar av den elastiska putan mättes. Mätpunktens placering i denna studie överensstämde mest med mätpunktens placering i studien av Bicalho *et al.* (2009), vilket gör den till den mest relevanta studien att jämföra absoluta mätvärden med. De tre studierna belyser tillsammans vikten av att standardisera mätpunktens placering på klövens sulyta för att få jämförbara resultat. Stor noggrannhet iaktogs i denna studie för att följa ovan beskrivna mätmetod och därigenom standardisera placeringen av mätpunkten. Dessutom sågs under färdighetsträningen under metodutvecklingen som utfördes inom denna studie en god överensstämmelse mellan upprepade mätvärden på samma klöv, vilket tyder på att observatörerna lyckades väl med att standardisera mätpunktens placering.

Resultaten i studien av Gard *et al.* (2015), att en ökad rörelsemängd på utmanande underlag tidigt i livet hade ett positivt samband med elastiska putans volym och ytarea vid sex månaders ålder, skulle kunna indikera att en ökad belastningen på den elastiska putan tidigt i livet kan vara positivt för stödjevådnaden i klöven. Man skulle kunna tänka sig att effekterna som sågs på den elastiska putans volym och ytarea är en indirekt effekt av vad som skett i omkringliggande stödjevådnad i klöven. Som en följd av en ökad rörelsemängd är en möjlig teori att klövbenets lamellupphängning anpassar sig och stramas upp. Detta skulle i sin tur kunna påverka klövbenets placering i klöven och därigenom kompressionen av elastiska putan med efterföljande effekter på dess volym.

Tidigare litteratur pekar på att elastiska putans tjocklek mest troligt påverkas av många olika faktorer. Olika hull och dess påverkan på elastiska putans fettinnehåll och där med storlek är en faktor som diskuterats. I vår studie utvärderades inte hull hos kalvarna. Det är möjligt att de olika kalvgrupperna skilde i hull, något som skulle kunna påverka tjockleken på den elastiska putan och därigenom interferera med studiens resultat. Tidigare litteratur har dock föreslagit att fettinlagringen i elastiska putan inte är fullständig förrän senare i livet utifrån att elastiska putan setts innehåller en lägre andel fett hos yngre djur än äldre djur (Räber *et al.* 2004). Det skulle utifrån dessa resultat kunna antas att hullet var av mindre betydelse för elastiska putans tjocklek i vår studie, även om hullets betydelse inte helt kan uteslutas. En annan faktor som diskuteras kunna påverka elastiska putans tjocklek är hormoner kring kalvning som påverkar elasticiteten i klövbenets lamellupphängning. Det i sin tur anses kunna ge en sänkning av klövbenet och tillplattning av den elastiska putan som följd. I vår studie ingick endast tjurkalvar varför resultaten inte påverkades av denna faktor. Det är dock något som bör tas i beaktning i eventuella framtida studier av den elastiska putans tjocklek om även dräktiga djur inkluderas.

Underlaget som kalvarna hölls på var i denna studie inte standardiserat mellan de olika kalvgrupperna. Underlagets egenskaper kan påverka slitningen av klöven och därmed tryckförhållandena på sulan (Telezhenko *et al.* 2008), något som i sin tur skulle kunna påverka belastningen som elastiska putan utsätts för. Även underlagets hårdhet skulle kunna påverka belastningen elastiska putan utsätts för, då hårdare underlag setts ge en ökad risk för att utveckla klövhornsskador (Bergsten *et al.* 2015). Det är alltså möjligt att underlagen i hållningssystemen som kalvarna hölls i medförde olika belastning av den elastiska putan i de olika kalvgrupperna. Underlaget skulle därigenom kunna ha påverkat utvecklingen av stödjeväderna i klöven och i förlängningen resultatet för SST-tjockleken i olika hög grad i de olika kalvgrupperna i studien. En standardisering av underlaget bör därför tas i beaktning i eventuella framtida studier kring rörelsemängd tidigt i livet och dess effekter på utvecklingen av den elastiska putan.

Frågeställningen till studien, om vistelse i ett ko-kalv-system med större möjlighet till rörelse i tidig ålder kan påverka elastiska putans tjocklek, och därmed förbättra klövens kraftfördelande förmåga, kan utifrån våra resultat inte fullt ut besvaras. Inga statistiskt signifikanta skillnader i SST-tjocklek mellan de olika kalvgrupperna kunde ses i studien. Dock bygger frågeställningen på att rörelsemängden tydligt skulle skilja mellan försöksgruppen och kontrollgruppen, något som visade sig inte vara fallet. När sambandet mellan rörelsemängd och SST-tjocklek istället undersöktes oberoende av vilken typ av hållningssystem djuren vistats i sågs ett svagt positivt samband, ju mer rörelse desto tjockare elastisk puta. Rörelsemängden hos de flesta kalvarna låg dock, som tidigare beskrivet, inom ett smalt spann (bortsett från de två kalvarna i utegruppen). Ett utav antagandena för regressionsmodellerna som använts i denna studie är att det föreligger ett linjärt samband, vilket kan ifrågasättas utifrån vår data. Modellernas passning var mycket låg och regressionslinjerna bör därför tolkas med mycket stor försiktighet om ens tolkas alls (icke-signifikanta resultat). Något som trots stora osäkerheter är av intresse är att SST-tjockleken hos försökskalvarna i omgång As utegrupp, som rörde sig betydligt mer, var numeriskt något större än resterande kalvar samma omgång. Utegruppen bestod, som tidigare nämnt av endast två kalvar och resultaten bör därför tolkas med stor försiktighet. Resultaten är dock i linje med vad som tidigare rapporterats av Gard *et al.* (2015) och bör därför inte negligeras. Ytterligare forskning, baserad på ett större antal djur och med en studiedesign som säkerställer större variation i rörelsemängd skulle vara av intresse för att på ett säkrare sätt utvärdera sambandet mellan rörelsemängd tidigt i livet och utvecklingen av den elastiska putans tjocklek.

Trots att frågeställningen inte fullt ut kunde besvaras bidrog studien med viktiga resultat. Studien visade att hållningssystem där kor och kalvar går tillsammans i lösdrift inomhus inte nödvändigtvis påverkar rörelsemängden hos kalvarna under de första åtta levnadsveckorna, i jämförelse med kalvar som hålls skilda från sina

mödrar i ensambox eller gruppbox. Trots att kalvarna i ko-kalv-hållningssystemet inomhus hade tillgång till större ytor och därigenom hade större möjlighet till rörelse rörde de sig inte mer än kontrollkalvarna som hölls på mindre ytor. Kalvarna i ko-kalv-hållningssystemet ute på bete rörde sig däremot mer. Man skulle utifrån dessa resultat kunna tänka sig att kalvarna i ko-kalv-hållningssystemet inomhus påverkades av någon annan faktor som gjorde att de höll nere på rörelsemängden trots att de hade tillgång till större ytor. En möjlig faktor skulle kunna vara underlagets egenskaper. Utekalvarna som hölls på bete hade ett underlag som man kan tänka sig gav ett bra fäste för kalvarna att röra sig på. Kalvarna i ko-kalv-hållningssystemet inomhus hölls istället på betonggolv med respektive utan spån samt spåntäckt madrass, ett underlag som man kan tänka sig gav mindre bra fäste för kalvarna att röra sig på. Underlagets egenskaper skulle kunna påverka kalvarnas vilja att utföra sitt naturliga rörelsebehov och skulle därför vara av värde att ta i beaktning när man utformar eventuella framtida ko-kalv-hållningssystem inomhus.

Sammanfattningsvis kunde resultaten alltså inte visa på något statistiskt signifikant samband mellan olika typer av hållningssystem och tjockleken på den elastiska putan. Studien bidrar dock med viktig information om rörelsemängd hos kalvar i olika typer av hållningssystem. Dessutom väcker resultat från studien intresset för vidare forskning kring rörelsemängd och dess påverkan på utvecklingen klövens stödjevävnad och den elastiska putan. För att besvara frågan om en ökad mängd rörelse för kalvar i tidig ålder kan påverka elastiska putans utveckling behövs ytterligare studier med större studiepopulation, en säkerställd variation i rörelsemängd och mer standardiserade förhållanden mellan försöksgrupp och kontrollgrupp. Genom att främja utvecklingen av den elastiska putan skulle man kunna minska risken för att mekaniska klövhornsskador utvecklas. Ytterligare studier skulle därför kunna vara en värdefull pusselbit i det förebyggande arbetet mot klövhornsskador.

Referenser

- Abdelfattah, E.M., Schutz, M.M., Lay, D.C., Marchant-Forde, J.N. & Eicher, S.D. (2013). Effect of group size on behavior, health, production, and welfare of veal calves. *Journal of Animal Science*, 91 (11), 5455–5465. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6308>
- Archer, S., Bell, N. & Huxley, J. (2010). Lameness in UK dairy cows: a review of the current status. *In Practice*, 32 (10), 492–504. <https://doi.org/10.1136/inp.c6672>
- Barden, M., Li, B., Griffiths, B.E., Anagnostopoulos, A., Bedford, C., Psifidi, A., Banos, G. & Oikonomou, G. (2022). Genetic parameters and genome-wide association study of digital cushion thickness in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 105 (10), 8237–8256. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22035>
- Bergsten, C., Telezhenko, E. & Ventorp, M. (2015). Influence of soft or hard floors before and after first calving on dairy heifer locomotion, claw and leg health. *Animals: an open access journal from MDPI*, 5 (3), 662–686. <https://doi.org/10.3390/ani5030378>
- Bicalho, R.C., Machado, V.S. & Caixeta, L.S. (2009). Lameness in dairy cattle: A debilitating disease or a disease of debilitated cattle? A cross-sectional study of lameness prevalence and thickness of the digital cushion. *Journal of Dairy Science*, 92 (7), 3175–3184. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1827>
- Bicalho, R.C., Warnick, L.D. & Guard, C.L. (2008). Strategies to analyze milk losses caused by diseases with potential incidence throughout the lactation: A lameness example. *Journal of Dairy Science*, 91 (7), 2653–2661. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0744>
- Bruijnis, M.R.N., Hogeveen, H. & Stassen, E.N. (2010). Assessing economic consequences of foot disorders in dairy cattle using a dynamic stochastic simulation model. *Journal of Dairy Science*, 93 (6), 2419–2432. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2721>
- Budras, K.D., Mülling, C. & Horowitz, A. (1996). Rate of keratinization of the wall segment of the hoof and its relation to width and structure of the zona alba (white line) with respect to claw disease in cattle. *American Journal of Veterinary Research*, 57 (4), 444–455.
- Capion, N., Thamsborg, S.M. & Enevoldsen, C. (2009). Prevalence and severity of foot lesions in Danish Holstein heifers through first lactation. *The Veterinary Journal*, 182 (1), 50–58. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2008.05.026>

- Cha, E., Hertl, J.A., Bar, D. & Gröhn, Y.T. (2010). The cost of different types of lameness in dairy cows calculated by dynamic programming. *Preventive Veterinary Medicine*, 97 (1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.07.011>
- Charfeddine, N. & Pérez-Cabal, M.A. (2017). Effect of claw disorders on milk production, fertility, and longevity, and their economic impact in Spanish Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 100 (1), 653–665. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11434>
- Danschler, A.M., Enemark, J.M.D., Telezhenko, E., Capion, N., Ekstrøm, C.T. & Thoenfer, M.B. (2009). Oligofructose overload induces lameness in cattle. *Journal of Dairy Science*, 92 (2), 607–616. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1271>
- Danschler, A.M., Toelboell, T.H. & Wattle, O. (2010). Biomechanics and histology of bovine claw suspensory tissue in early acute laminitis. *Journal of Dairy Science*, 93 (1), 53–62. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2038>
- Eriksson, H.K., Daros, R.R., von Keyserlingk, M.A.G. & Weary, D.M. (2021). Standing behavior and sole horn lesions: A prospective observational longitudinal study. *Journal of Dairy Science*, 104 (10), 11018–11034. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19839>
- Flower, F.C., Sanderson, D.J. & Weary, D.M. (2005). Hoof pathologies influence kinematic measures of dairy cow gait. *Journal of Dairy Science*, 88 (9), 3166–3173. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73000-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73000-9)
- Franck, A., Cocquyt, G., Simoens, P. & De Belie, N. (2006). Biomechanical properties of bovine claw horn. *Biosystems Engineering*, 93 (4), 459–467. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2006.01.007>
- Færevik, G., Andersen, I.L., Jensen, M.B. & Bøe, K.E. (2007). Increased group size reduces conflicts and strengthens the preference for familiar group mates after regrouping of weaned dairy calves (*Bos taurus*). *Applied Animal Behaviour Science*, 108 (3), 215–228. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.01.010>
- Gard, J.A., Taylor, D.R., Wilhite, D.R., Rodning, S.P., Schnuelle, M.L., Sanders, R.K., Beyers, R.J., Edmondson, M.A., DeGraves, F.J. & van Santen, E. (2015). Effect of exercise and environmental terrain on development of the digital cushion and bony structures of the bovine foot. *American Journal of Veterinary Research*, 76 (3), 246–252. <https://doi.org/10.2460/ajvr.76.3.246>
- Hinterhofer, C., Zöschner, M., Gabler, C. & Stanek, C. (2005). The hardness of horn in different segments of the bovine claw. *Berliner Und Munchener Tierarztliche Wochenschrift*, 118 (7–8), 334–340
- Hirschberg, R.M., Mülling, C.K.W. & Budras, K.-D. (2001). Pododermal angioarchitecture of the bovine claw in relation to form and function of the papillary body: A scanning electron microscopic study. *Microscopy Research and Technique*, 54 (6), 375–385. <https://doi.org/10.1002/jemt.1150>
- Hirst, W.M., Murray, R.D., Ward, W.R. & French, N.P. (2002). A mixed-effects time-to-event analysis of the relationship between first-lactation lameness and subsequent lameness in dairy cows in the UK. *Preventive Veterinary Medicine*, 54 (3), 191–201. [https://doi.org/10.1016/S0167-5877\(02\)00021-1](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(02)00021-1)

- Hoblet, K.H. & Weiss, W. (2001). Metabolic hoof horn disease claw horn disruption. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 17 (1), 111–127. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30057-8](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30057-8)
- Knott, L., Tarlton, J.F., Craft, H. & Webster, A.J.F. (2007). Effects of housing, parturition and diet change on the biochemistry and biomechanics of the support structures of the hoof of dairy heifers. *The Veterinary Journal*, 174 (2), 277–287. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2006.09.007>
- Kofler, J., Kübber, P. & Henninger, W. (1999). Ultrasonographic imaging and thickness measurement of the sole horn and the underlying soft tissue layer in bovine claws. *The Veterinary Journal*, 157 (3), 322–331. <https://doi.org/10.1053/tvj.1998.0315>
- Lischer, Ch.J., Ossent, P., Räber, M. & Geyer, H. (2002). Suspensory structures and supporting tissues of the third phalanx of cows and their relevance to the development of typical sole ulcers (Rusterholz ulcers). *Veterinary Record*, 151 (23), 694–698
- Machado, V.S., Caixeta, L.S. & Bicalho, R.C. (2011). Use of data collected at cessation of lactation to predict incidence of sole ulcers and white line disease during the subsequent lactation in dairy cows. *American Journal of Veterinary Research*, 72 (10), 1338–1343. <https://doi.org/10.2460/ajvr.72.10.1338>
- Meyer, S.W., Weishaupt, M.A. & Nuss, K.A. (2007). Gait pattern of heifers before and after claw trimming: a high-speed cinematographic study on a treadmill. *Journal of Dairy Science*, 90 (2), 670–676. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)71549-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)71549-7)
- Newsome, R., Green, M.J., Bell, N.J., Chagunda, M.G.G., Mason, C.S., Rutland, C.S., Sturrock, C.J., Whay, H.R. & Huxley, J.N. (2016). Linking bone development on the caudal aspect of the distal phalanx with lameness during life. *Journal of Dairy Science*, 99 (6), 4512–4525. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10202>
- Newsome, R.F., Green, M.J., Bell, N.J., Bollard, N.J., Mason, C.S., Whay, H.R. & Huxley, J.N. (2017a). A prospective cohort study of digital cushion and corium thickness. Part 1: Associations with body condition, lesion incidence, and proximity to calving. *Journal of Dairy Science*, 100 (6), 4745–4758. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12012>
- Newsome, R.F., Green, M.J., Bell, N.J., Bollard, N.J., Mason, C.S., Whay, H.R. & Huxley, J.N. (2017b). A prospective cohort study of digital cushion and corium thickness. Part 2: Does thinning of the digital cushion and corium lead to lameness and claw horn disruption lesions? *Journal of Dairy Science*, 100 (6), 4759–4771. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12013>
- Newsome, R.F., Mostyn, A., Wilson, J.P., Alibhai, A., Bollard, N., Randall, L., Chagunda, M.G.G., Sturrock, C.J., Keane, M., Green, M., Huxley, J.N. & Rutland, C.S. (2021). Morphology, adipocyte size, and fatty acid analysis of dairy cattle digital cushions, and the effect of body condition score and age. *Journal of Dairy Science*, 104 (5), 6238–6252. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19388>
- Obel, N. (1948). *Studies on the histopathology of acute laminitis*. Diss. Uppsala: Almqvist & Wiksells boktryckeri AB.

- Oikonomou, G., Banos, G., Machado, V., Caixeta, L. & Bicalho, R.C. (2014). Short communication: Genetic characterization of digital cushion thickness. *Journal of Dairy Science*, 97 (1), 532–536. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7212>
- Ossent, P. & Lischer, C. (1998). Bovine laminitis: the lesions and their pathogenesis. *In Practice*, 20 (8), 415–427. <https://doi.org/10.1136/inpract.20.8.415>
- Ouweltjes, W., Gussekloo, S.W.S., Spoor, C.W. & van Leeuwen, J.L. (2016). A new technique using roentgen stereophotogrammetry to measure changes in the spatial conformation of bovine hind claws in response to external loads. *The Veterinary Journal*, 208, 81–86. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.07.010>
- Proudfoot, K.L., Weary, D.M. & von Keyserlingk, M.A.G. (2010). Behavior during transition differs for cows diagnosed with claw horn lesions in mid lactation. *Journal of Dairy Science*, 93 (9), 3970–3978. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2767>
- Raji, A.R., Sardari, K. & Mohammadi, H.R. (2008). Normal cross-sectional anatomy of the bovine digit: comparison of computed tomography and limb anatomy. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 37 (3), 188–191. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0264.2007.00825.x>
- Randall, L.V., Green, M.J., Chagunda, M.G.G., Mason, C., Green, L.E. & Huxley, J.N. (2016). Lameness in dairy heifers; impacts of hoof lesions present around first calving on future lameness, milk yield and culling risk. *Preventive Veterinary Medicine*, 133, 52–63. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.09.006>
- Räber, M., Lischer, C.J., Geyer, H. & Ossent, P. (2004). The bovine digital cushion--a descriptive anatomical study. *The Veterinary Journal*, 167 (3), 258–264. [https://doi.org/10.1016/S1090-0233\(03\)00053-4](https://doi.org/10.1016/S1090-0233(03)00053-4)
- Schmid, T., Weishaupt, M.A., Meyer, S.W., Waldern, N., Peinen, K. von & Nuss, K. (2009). High-speed cinematographic evaluation of claw-ground contact pattern of lactating cows. *The Veterinary Journal*, 181 (2), 151–157. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2008.02.019>
- Shearer, J.K., Plummer, P.J. & Schleining, J.A. (2015). Perspectives on the treatment of claw lesions in cattle. *Veterinary Medicine : Research and Reports*, 6, 273–292. <https://doi.org/10.2147/VMRR.S62071>
- Tarlton, J.F., Holah, D.E., Evans, K.M., Jones, S., Pearson, G.R. & Webster, A.J.F. (2002). Biomechanical and histopathological changes in the support structures of bovine hooves around the time of first calving. *The Veterinary Journal*, 163 (2), 196–204. <https://doi.org/10.1053/tvj.2001.0651>
- Telezhenko, E., Bergsten, C., Magnusson, M., Ventorp, M. & Nilsson, C. (2008). Effect of different flooring systems on weight and pressure distribution on claws of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91 (5), 1874–1884. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0742>
- Telezhenko, E., von Keyserlingk, M.A.G., Talebi, A. & Weary, D.M. (2012). Effect of pen size, group size, and stocking density on activity in freestall-housed dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 95 (6), 3064–3069. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4953>

- Thoefner, M.B., Pollitt, C.C., van Eps, A.W., Milinovich, G.J., Trott, D.J., Wattle, O. & Andersen, P.H. (2004). Acute bovine laminitis: a new induction model using alimentary oligofructose overload. *Journal of Dairy Science*, 87 (9), 2932–2940. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73424-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73424-4)
- Thoefner, M.B., Wattle, O., Pollitt, C.C., French, K.R. & Nielsen, S.S. (2005). Histopathology of oligofructose-induced acute laminitis in heifers. *Journal of Dairy Science*, 88 (8), 2774–2782. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72957-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72957-X)
- van der Tol, P.P.J., van der Beek, S.S., Metz, J.H.M., Noordhuizen-Stassen, E.N., Back, W., Braam, C.R. & Weijs, W.A. (2004). The effect of preventive trimming on weight bearing and force balance on the claws of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 87 (6), 1732–1738. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73327-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73327-5)
- van der Tol, P.P.J., Metz, J.H.M., Noordhuizen-Stassen, E.N., Back, W., Braam, C.R. & Weijs, W.A. (2003). The vertical ground reaction force and the pressure distribution on the claws of dairy cows while walking on a flat substrate. *Journal of Dairy Science*, 86 (9), 2875–2883. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73884-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73884-3)
- Tsuka, T., Ooshita, K., Sugiyama, A., Osaki, T., Okamoto, Y., Minami, S. & Imagawa, T. (2012). Quantitative evaluation of bone development of the distal phalanx of the cow hind limb using computed tomography. *Journal of Dairy Science*, 95 (1), 127–138. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4316>
- Vermunt, J.J. (2007). One step closer to unravelling the pathophysiology of claw horn disruption: For the sake of the cows' welfare. *The Veterinary Journal*, 174 (2), 219–220. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2006.10.006>
- Växa Sverige (2022). *Djurhälsostatistik 2020-2021*. Växa Sverige. http://juverportalen.se/media/1279/vaexa-djurhaelsostatistik_2020_21_slutversion.pdf [2022-11-14]
- Whay, H.R., Waterman, A.E. & Webster, A.J.F. (1997). Associations between locomotion, claw lesions and nociceptive threshold in dairy heifers during the peri-partum period. *The Veterinary Journal*, 154 (2), 155–161. [https://doi.org/10.1016/S1090-0233\(97\)80053-6](https://doi.org/10.1016/S1090-0233(97)80053-6)
- Whay, H.R., Waterman, A.E., Webster, A.J.F. & O'Brien, J.K. (1998). The influence of lesion type on the duration of hyperalgesia associated with hindlimb lameness in dairy cattle. *The Veterinary Journal*, 156 (1), 23–29. [https://doi.org/10.1016/S1090-0233\(98\)80058-0](https://doi.org/10.1016/S1090-0233(98)80058-0)
- Wilson, J.P., Randall, L.V., Green, M.J., Rutland, C.S., Bradley, C.R., Ferguson, H.J., Bagnall, A. & Huxley, J.N. (2021). A history of lameness and low body condition score is associated with reduced digital cushion volume, measured by magnetic resonance imaging, in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 104 (6), 7026–7038. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19843>
- Winkler, B. & Margerison, J.K. (2012). Mechanical properties of the bovine claw horn during lactation. *Journal of Dairy Science*, 95 (4), 1714–1728. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4489>

Populärvetenskaplig sammanfattning

Hälta är idag ett vanligt hälsoproblem hos nötkreatur i mjölkproducerande besättningar. Det finns många olika orsaker till att ett nötkreatur haltar. En vanlig orsak är en viss grupp av klövskador, så kallade klövhornsskador. Nötkreaturs klövar består av ett yttre hölje av hornvävnad (klövkapseln) liknande våra naglar. Innanför detta hölje finns mjukdelsvävnad med både blodkärl och nerver. Den mjuka vävnaden omsluter i sin tur det centralt placerade klövbenet, ett av alla ben i nötkreaturs skelett. När djuret går, och därmed lägger tyngd på sina klövar, trycks klövbenet neråt inne i klövkapseln vilket gör att den mjuka vävnaden trycks ihop mellan klövbenet och klövkapselns hårda sula. Klövhornsskador uppstår när trycket från klövbenet gör att mjukdelsvävnaden kläms sönder mellan klövbenet och sulan. Detta leder till blåmärken (sulblödningar) och öppna sår (klövsulesår) i sulhornet, två exempel på vanliga klövhornsskador.

Förutom de ovan nämnda delar i klöven finns även en kraftfördelande fettkudde inne i klövkapseln, den så kallade elastiska putan. Den ligger under klövbenet och anses hjälpa till att minska risken för att den mjuka vävnaden ska klämmas sönder inne i klöven. Forskare som har studerat denna fettkudde föreslår att en tjock fettkudde minskar risken för mekaniska skador. Teorin är att ju tjockare fettkudde, desto bättre kraftfördelning inne i klöven och därmed lägre risk för klövhornsskador. Preliminära resultat från en tidigare studie pekar på att det skulle kunna vara möjligt att påverka tjockleken på fettkudden genom att låta djuren röra sig mer i ung ålder. I vår studie ville vi fortsätta undersöka detta och se ifall hållningssystem med ökad möjligheten till rörelse tidigt i livet kan påverka utvecklingen av elastiska putans tjocklek, så att klövens kraftfördelande förmåga kan förbättras.

Tjurkalvar som föddes på Lövsta lantbruksforsknings försöksgård vid Sveriges lantbruksuniversitet i Uppsala under hösten 2019 och hösten 2020 användes i vår studie. Studien var en del i ett större projekt som undersökt andra effekter av att låta kalvarna gå kvar tillsammans med sina mödrar istället för att, som man traditionellt sett gör, skilja ko och kalv strax efter födsel. De två omgångarna med kalvar delades in i en försöksgrupp respektive en kontrollgrupp. Försökskalvarna hölls tillsammans med moderdjuren på större ytor antingen inomhus i lösdriftstallar eller ute på bete under mjölkperioden. Därefter separerades kalvarna från korna och flyttades till en större gruppbox som delades med andra kalvar i samma ålder.

Kontrollkalvarna separerades från moderdjuren inom 12 timmar efter födseln. Efter separationen hölls de på mindre yta antingen ensamma i så kallade kalvhyddor eller tillsammans med andra kalvar i samma ålder i mindre gruppboxar. Därefter flyttades även kontrollkalvarna till större gruppbox med andra kalvar i samma ålder. Försökskalvarna, som hölls tillsammans med sina mödrar, hade alltså tillgång till större ytor och därmed en ökad möjlighet till rörelse.

Kalvarnas rörelsemängd mättes under de första åtta levnadsveckorna med hjälp av sensorer som fästes på kalvarnas ena bakben. Vid ca sex månaders ålder avlivades samtliga kalvar och klövarna togs omhand och förvarades i frys fram till den här studien. De tinades sedan ett respektive två år senare för att kunna mäta tjockleken av den elastiska putan. Mätningarna gjordes med hjälp av ultraljud, en mätmetod som tidigare använts inom forskningsområdet. De elastiska putornas tjocklek hos kalvarna jämfördes sedan mellan de olika kalvgrupperna, för att ta reda på om de olika möjligheterna till rörelse tidigt i livet påverkade tjockleken av den elastiska putan. Tjockleken jämfördes även direkt med hur mycket respektive kalv faktiskt hade rört på sig genom att jämföra elastiska putans tjocklek mot registreringarna från rörelsesensorerna oavsett vilken grupp kalven tillhörde.

Så vad visade då studiens resultat? Vi kunde inte påvisa någon skillnad i tjocklek av den elastiska putan mellan försökskalvarna som hållits tillsammans med sina mödrar på större ytor och kontrollkalvarna som hållits skilda från sina mödrar på mindre ytor. Vad som däremot upptäcktes var att den faktiska rörelsemängden inte skilde sig speciellt mycket mellan kalvarna i de olika grupperna. Det verkar alltså som att de olika stora ytorna inte påverkade rörelsemängden nämnvärt. Det enda undantaget var två kalvar som hölls utomhus på bete tillsammans med moderdjuren, vilka i medeltal rörde sig dubbelt så mycket som övriga djur under studietiden. Dessutom bidrar studien med att väcka intresset för vidare forskning då de två försökskalvarna som hölls ute på bete hade en numeriskt något tjockare elastisk puta. Ytterligare studier som säkerställer olika rörelsemängd och som omfattar ett större antal djur krävs för att bättre kunna uttala sig om ett eventuellt samband mellan en ökad rörelsemängd tidigt i livet och tjockleken av den elastiska putan. Ett samband med potential att vara en viktig pusselbit i det förebyggande arbetet mot klövhornsskador.

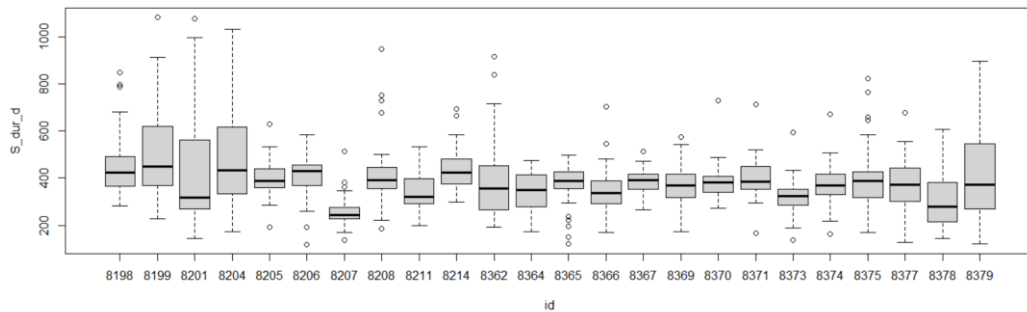
Tack

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Hanna Eriksson för din hjälp och ditt engagemang under arbetets gång. Jag vill även rikta ett tack till all inblandad personal på Lövsta lantbruksforskings försöksgård samt personalen inom projektet ”Ko och kalv tillsammans i automatisk mjölkproduktion” som möjliggjort studien.

Bilaga 1

Ståtid per dag (S_dur_d) för respektive kalv (id) i samtliga grupper.

Box=första till tredje kvartilen, linje i box=median, whiskers=maxvärde respektive minvärde, dock ej längre än 1,5 interkvartilavstånd från box, punkt=extremvärde

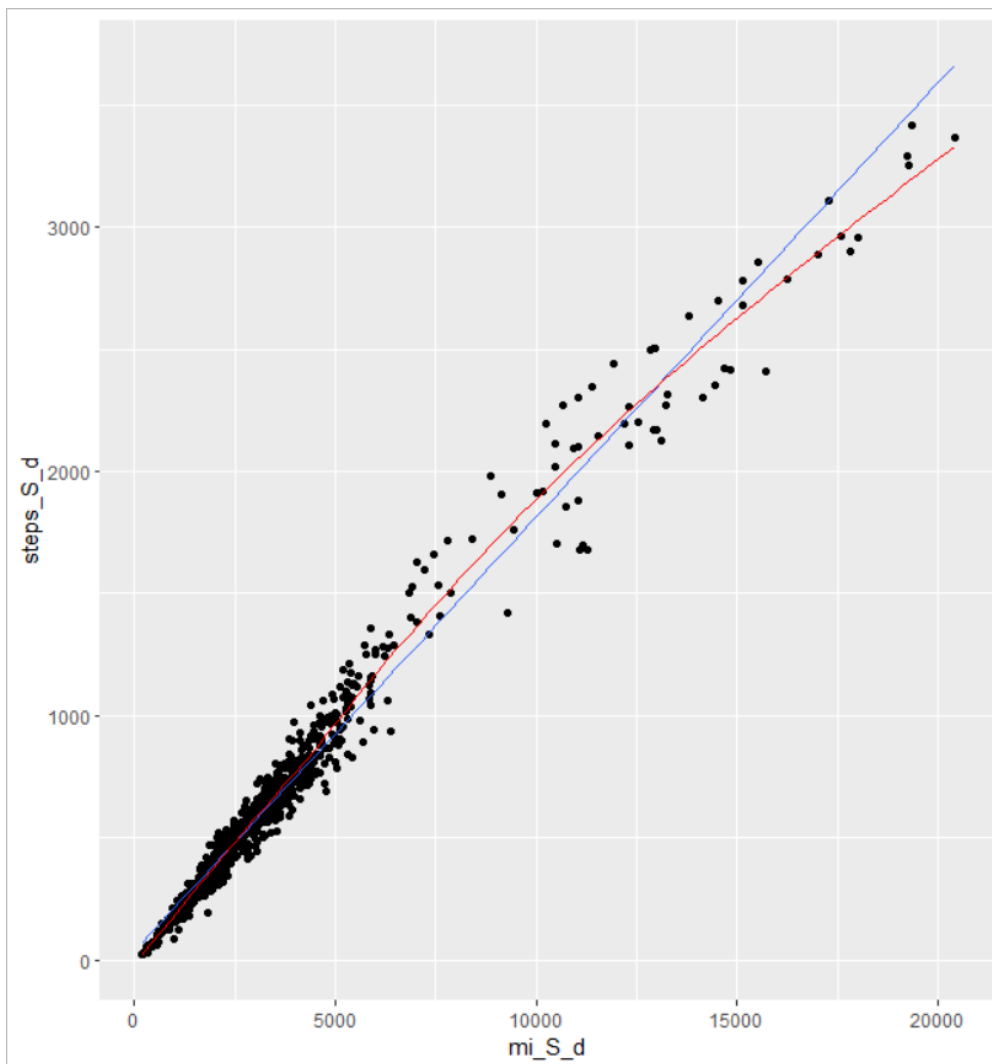


Bilaga 2

Korrelation mellan motion index per dag (mi_S_d) och antal steg per dag (steps_S_d) för samtliga kalv-dagar.

Blå linje = linjär regressionslinje.

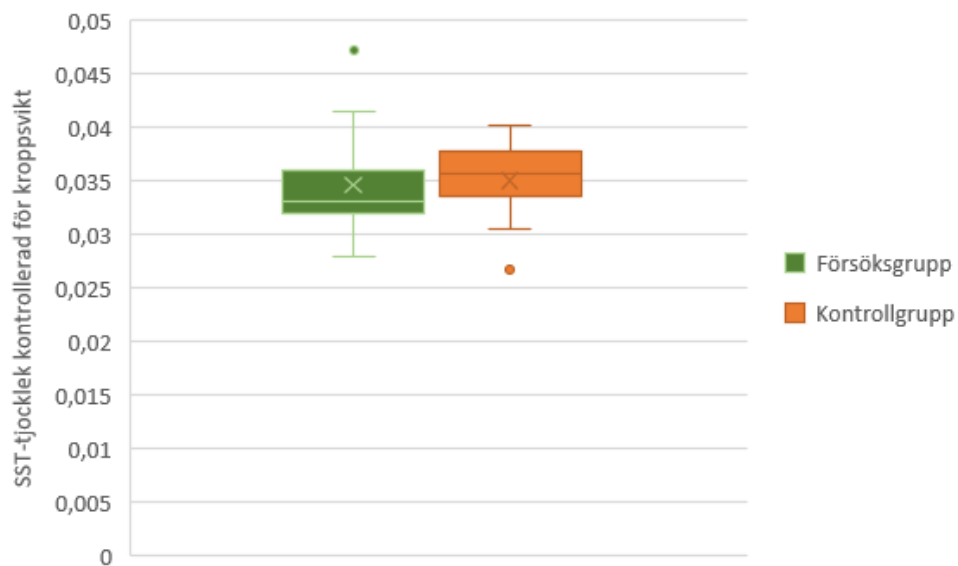
Röd linje = LOESS (locally estimated scatterplot smoothing) linje



Bilaga 3

SST-tjockleken kontrollerad för kroppsvikt i försöksgrupp respektive kontrollgrupp

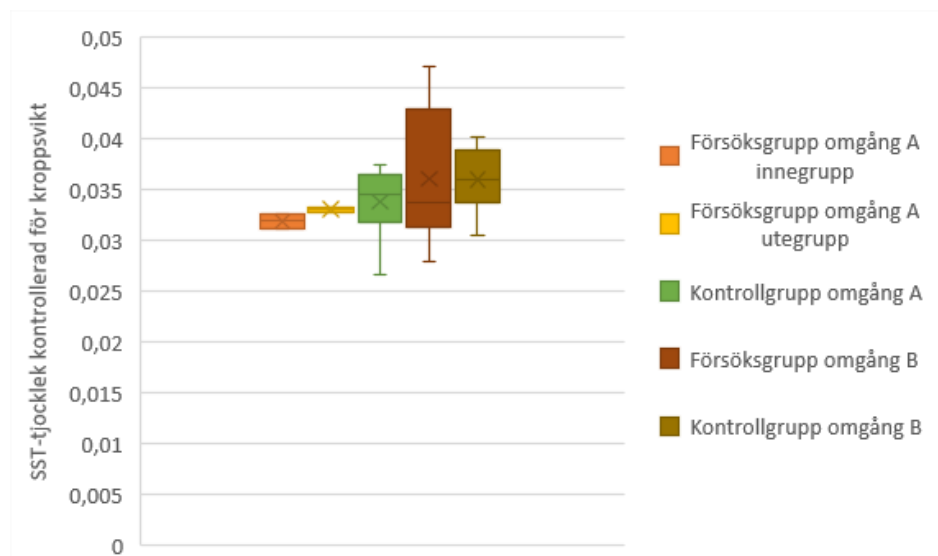
Box=första till tredje kvartilen, X=medelvärde, linje i box=median, whiskers=maxvärde respektive minvärde, dock ej längre än 1,5 interkvartilavstånd från box, punkt=extremvärde



Bilaga 4

SST-tjockleken kontrollerad för kroppsvikt i försöksgrupp omgång A innegrupp respektive utegrupp, kontrollgrupp omgång A, försöksgrupp omgång B, kontrollgrupp omgång B

Box=första till tredje kvartilen, X=medelvärde, linje i box=median, whiskers=maxvärde respektive minvärde.



Bilaga 5

Skript för bearbetning av rörelsedata

```
library(tidyverse)
library(here)
library(datasets)
library(pacman)
library(lubridate)

### +++ Data preparation +++ ####

# Preparation ####

# Create a vector of file paths for all the IQ csv files in the folder b1_csv
IQ_b1_files <- list.files(path = here("data/IQ/b1_csv"),
                          pattern = ".csv",
                          full.names = TRUE,
                          recursive = TRUE)

# Create a vector of file paths for all the IQ csv2 files in the folder
# b1_csv -> csv2 (will need to use read.csv2 for these files)
IQ_b1_files_csv2 <- list.files(path = here("data/IQ/b1_csv2"),
                               pattern = ".csv",
                               full.names = TRUE,
                               recursive = TRUE)

# Same for folder b3_csv
IQ_b3_files <- list.files(path = here("data/IQ/b3_csv"),
                          pattern = ".csv",
                          full.names = TRUE,
                          recursive = TRUE)

# Test reading in 1 csv-file
test <- read.csv(IQ_b1_files[1],
                 skip = 7)

# Test reading in 1 csv2-file
test2 <- read.csv2(IQ_b1_files_csv2[1],
                   skip = 7)

# Imputing sensor ID into data frame ####

# Extract the sensor ID from the first file path name
(allnames <- str_split(IQ_b1_files[1], pattern = " ", simplify = TRUE))

# Separate the sensor ID from the rest of the text
(allnames2 <- str_split(allnames[,ncol(allnames)], pattern = "_",
                        simplify = TRUE))

# Add the extracted IQ ID as a column to our test file
test$IQ <- allnames2[,ncol(allnames2)-3]

# Create a function to impute sensor ID for csv-files
IQ_read_fun <- function(file_name) {
  test <- read.csv(file_name,
                   skip = 7)
  allnames <- str_split(file_name, pattern = " ", simplify = TRUE)
  allnames2 <- str_split(allnames[,ncol(allnames)], pattern = "_",
                          simplify = TRUE)
  test$IQ <- allnames2[, ncol(allnames2) - 3]
  test
}

# Create a function to impute sensor ID for csv2-files
IQ_csv2_read_fun <- function(file_name) {
  test <- read.csv2(file_name,
                    skip = 7)
  allnames <- str_split(file_name, pattern = " ", simplify = TRUE)
  allnames2 <- str_split(allnames[,ncol(allnames)], pattern = "_",
                          simplify = TRUE)
  test$IQ <- allnames2[, ncol(allnames2) - 3]
  test
}
```

```

# Simple doublecheck to see if the csv-file function work (same csv-file)
head(IQ_read_fun(IQ_b1_files[1]))

# Simple doublecheck to see if the csv-file function work (same csv-file)
head(IQ_csv2_read_fun(IQ_b1_files_csv2[1]))

rm(test, test2)

# Downloading data #####

# Apply the function on each csv-file listed in the file path vector and rbind
# all files in the b1_csv folder
b1_csv_raw <- map_dfr(IQ_b1_files, IQ_read_fun)

# Same for the b1_csv2 folder
b1_csv2_raw <- map_dfr(IQ_b1_files_csv2, IQ_csv2_read_fun)

# Same for the b3_csv folder (no csv2-files in batch 3)
b3_raw <- map_dfr(IQ_b3_files, IQ_read_fun)

# Change date format #####
# - SIC! Important to keep this order
b1_csv_raw$birth_date <- as.Date(b1_csv_raw$birth_date, format = "%Y/%m/%d")
b1_csv_raw$IQ_ON_date <- as.Date(b1_csv_raw$IQ_ON_date, format = "%Y/%m/%d")
b1_csv_raw$Date <- as.Date(b1_csv_raw$Date, format = "%Y/%m/%d")
b1_csv2_raw$birth_date <- as.Date(b1_csv2_raw$birth_date, format = "%Y-%m-%d")
b1_csv2_raw$IQ_ON_date <- as.Date(b1_csv2_raw$IQ_ON_date, format = "%Y-%m-%d")
b1_csv2_raw$Date <- as.Date(b1_csv2_raw$Date, format = "%Y-%m-%d")
b3_raw$birth_date <- as.Date(b3_raw$birth_date, format = "%Y/%m/%d")
b3_raw$IQ_ON_date <- as.Date(b3_raw$IQ_ON_date, format = "%Y/%m/%d")
b3_raw$Date <- as.Date(b3_raw$Date, format = "%Y/%m/%d")

# Combine all b1 data
b1_raw <- rbind(b1_csv_raw, b1_csv2_raw)
rm(b1_csv_raw, b1_csv2_raw)

# Create factor "batch", with level "b1" and "b3" in respective data set
b1_raw$batch <- "b1"
b3_raw$batch <- "b3"

# Merge all data #####
IQ_raw <- rbind(b1_raw, b3_raw)
#rm(b1_raw, b3_raw)

# Add treatment
meta <- read.csv2(file = "data/calf_metadata.csv", row.names = NULL)
IQ_raw <- full_join(IQ_raw, meta, by = "id")

# +++ Data cleaning +++ #####

# Correct variables #####
IQ_raw <- rename(IQ_raw, date = Date, time = Time, mi = Motion.Index,
                S_dur = Standing.t., L_dur = Lying.t., steps = Steps,
                nbr_L_bouts = Lying.Bouts)
IQ_raw$id <- as.factor(IQ_raw$id)
IQ_raw$datetime <- paste(IQ_raw$date, IQ_raw$time, sep = " ")
IQ_raw$datetime <- as.POSIXct(IQ_raw$datetime, format = "%Y-%m-%d %H:%M:%S")
IQ_raw$batch <- as.factor(IQ_raw$batch)
IQ_raw$IQ <- as.factor(IQ_raw$IQ)
IQ_raw$age_d <- as.numeric(difftime(IQ_raw$date, IQ_raw$birth_date,
                                  units = "days"))
IQ_raw$group <- as.factor(IQ_raw$group)
IQ_raw$trt <- as.factor(IQ_raw$trt)
IQ_raw$breed <- as.factor(IQ_raw$breed)

# Order the data set
IQ_raw <- IQ_raw[order(IQ_raw$datetime),]
IQ_raw <- IQ_raw[order(IQ_raw$id),]

# Rm 8203 that was excluded when the dam was culled due to splits
IQ_raw <- filter(IQ_raw, id != "8203")
IQ_raw$id <- as.factor(as.character(IQ_raw$id))

# Extract time period of interest #####

# Check if there are only one IQ_ON date per calf
tmp <- IQ_raw %>%
  group_by(id, IQ_ON_date) %>%
  summarise(date = first(date)) %>%
  ungroup()
# -> Only one logger per calf

# Rm all data earlier than the IQ_ON_date (likely loggers that have not been
# stopped while lying in a drawer)
IQ_raw2 <- filter(IQ_raw, date >= IQ_ON_date)
# tmp <- anti_join(IQ_raw, IQ_raw2)

# Check if there are data on the date the sensor was put on
tmp <- IQ_raw2 %>%
  group_by(id, IQ_ON_date) %>%

```

```

    summarise(date = first(date)) %>%
  ungroup()
# -> Three calves have no registrations on IQ_ON_date -> the logger seem not to
# have been activated when it was put on (8201, 8370, 8377)

# Read out df to obtain data on first date with IQ data #####
write.csv(tmp, "data/first_date_with_IQ_data.csv", row.names = FALSE)

# Clean out first date of IQ-data
IQ_raw3 <- filter(IQ_raw2, date > IQ_ON_date)

# Cleaning out the first day's data for the three calves that the IQ was not
# on the date the sensors were physically put on the calves
IQ_raw3 <- filter(IQ_raw3, !(id == "8201" & date == "2019-08-30"),
                 !(id == "8370" & date == "2020-10-01"),
                 !(id == "8377" & date == "2020-10-12"))
# tmp <- anti_join(IQ_raw2, IQ_raw3)

# Rm dates over 56 days of age
IQ_raw4 <- filter(IQ_raw3, age_d < 57)

# Rm dates with time-changes
IQ_raw5 <- filter(IQ_raw4, !(date == "2019-10-27" | date == "2020-10-25"))
# tmp <- anti_join(IQ_raw4, IQ_raw5)

# Impute number of rows per calf-day (should be 96)
IQ_raw5 <- IQ_raw5 %>%
  group_by(id, date) %>%
  mutate(n = n()) %>%
  ungroup()

# Manual checking revealed that all days with aberrant nbr of rows were sensor
# read-out dates except two. These two dates were for one calf that had too many
# rows as some rows were imported twice. No explanation for this in the raw file,
# as the number of rows per date was correct in the original file (random error)
# -> rm all dates with more or less rows than 96
IQ_raw6 <- filter(IQ_raw5, n == 96)
# tmp <- anti_join(IQ_raw5, IQ_raw6)

# Calculate duration of standing per row #####
IQ_raw6$s_dur_s <- as.numeric(hms(IQ_raw6$s_dur))
IQ_raw6$s_dur_m <- IQ_raw6$s_dur_s/60

# How many calf-days with sensordata per calf?
d_per_calf <- IQ_raw6 %>%
  group_by(id, date) %>%
  summarise(IQ = first(IQ)) %>%
  ungroup()

d_per_calf2 <- d_per_calf %>%
  group_by(id) %>%
  summarise(nbr_of_IQ_d = n()) %>%
  ungroup()

write.csv(d_per_calf2, "data/IQ_d_per_calf.csv", row.names = FALSE)
rm(d_per_calf, d_per_calf2)

# Select variables of interest #####
IQ_clean <- select(IQ_raw6, id, batch, trt, group, birth_date, age_d, breed,
                 date, datetime, mi, s_dur_m, steps)
rm(IQ_raw, IQ_raw2, IQ_raw3, IQ_raw4, IQ_raw5, IQ_raw6)

# Sum MI, S_dur and steps per calf-day #####
IQ_d <- IQ_clean %>%
  group_by(id, date) %>%
  summarise(batch = first(batch),
            trt = first(trt),
            group = first(group),
            breed = first(breed),
            birth_date = first(birth_date),
            age_d = first(age_d),
            mi_d = sum(mi),
            s_dur_d = sum(s_dur_m),
            steps_d = sum(steps)) %>%
  ungroup()

# Calculate MI for the 15 min intervals that contain standing per calf-day #####

# Rm rows when the calves spend all time lying
IQ_S <- filter(IQ_clean, s_dur_m > 0)

# Sum MI, S_dur and steps per calf-day #####
IQ_S_d <- IQ_S %>%
  group_by(id, date) %>%
  summarise(batch = first(batch),
            trt = first(trt),
            group = first(group),
            breed = first(breed),
            birth_date = first(birth_date),
            age_d = first(age_d),
            mi_S_d = sum(mi),
            s_dur_S_d = sum(s_dur_m),

```

```

    ungroup() steps_S_d = sum(steps)) %>%

# Merge all activity variables in the same data set
IQ_final <- full_join(IQ_d, IQ_S_d, by = c("id", "date", "batch", "trt", "group",
                                          "breed", "birth_date", "age_d"))
rm(IQ_clean, IQ_d, IQ_S, IQ_S_d)

# Average activity per day and calf during 0-56 days in age (all variables)
IQ_u <- IQ_final %>%
  group_by(id) %>%
  summarise(batch = first(batch),
            trt = first(trt),
            group = first(group),
            breed = first(breed),
            birth_date = first(birth_date),
            ave_mi_d = mean(mi_d),
            ave_mi_S_d = mean(mi_S_d),
            ave_S_dur_d = mean(S_dur_d),
            ave_S_dur_S_d = mean(S_dur_S_d),
            ave_steps_d = mean(steps_d),
            ave_steps_S_d = mean(steps_S_d)) %>%
  ungroup()

# Read out data fram with average activity data #####
write.csv(IQ_u, "data/average_activity_per_day_and_calf_d56.csv",
          row.names = FALSE)

# +++ Graphs +++ #####
# + Per calf + #####

# Boxplots all time #####
boxplot(mi_d ~ id, data = IQ_final)
boxplot(S_dur_d ~ id, data = IQ_final)
boxplot(steps_d ~ id, data = IQ_final)
# Daily standing duration not useful

# Boxplots standing time #####
boxplot(mi_S_d ~ id, data = IQ_final)
boxplot(S_dur_S_d ~ id, data = IQ_final)
boxplot(steps_S_d ~ id, data = IQ_final)
# Daily standing duration still not useful

# Lineplots all time #####
p_mi_u <- ggplot(IQ_final, aes(x = age_d, y = mi_d, colour = group)) +
  geom_point(shape = 16, size = 2) +
  geom_line (size = 1.1) +
  facet_wrap(~ id, ncol = 4)
p_mi_u

p_S_dur_u <- ggplot(IQ_final, aes(x = age_d, y = S_dur_d, colour = group)) +
  geom_point(shape = 16, size = 2) +
  geom_line (size = 1.1) +
  facet_wrap(~ id, ncol = 4)
p_S_dur_u
# Daily standing duration very much not useful

p_steps_d <- ggplot(IQ_final, aes(x = age_d, y = steps_d, colour = group)) +
  geom_point(shape = 16, size = 2) +
  geom_line (size = 1.1) +
  facet_wrap(~ id, ncol = 4)
p_steps_d

# Lineplots standing time #####
p_mi_S_u <- ggplot(IQ_final, aes(x = age_d, y = mi_S_d, colour = group)) +
  geom_point(shape = 16, size = 2) +
  geom_line (size = 1.1) +
  facet_wrap(~ id, ncol = 4)
p_mi_S_u

p_S_dur_S_u <- ggplot(IQ_final, aes(x = age_d, y = S_dur_S_d, colour = group)) +
  geom_point(shape = 16, size = 2) +
  geom_line (size = 1.1) +
  facet_wrap(~ id, ncol = 4)
p_S_dur_S_u
# Daily standing duration very much not useful

p_steps_S_d <- ggplot(IQ_final, aes(x = age_d, y = steps_S_d, colour = group)) +
  geom_point(shape = 16, size = 2) +
  geom_line (size = 1.1) +
  facet_wrap(~ id, ncol = 4)
p_steps_S_d

# + Correlations btw MI and steps all time + #####

# steps ~ mi all calves
ggplot(IQ_final, aes(x = mi_d, y = steps_d)) +

```



```

geom_point() +
geom_smooth(method = "lm", se = FALSE, size = 0.7) +
geom_smooth(se = FALSE, colour = "red", size = 0.7)

# steps ~ mi per calf
ggplot(IQ_final, aes(x = mi_d, y = steps_d, colour = group)) +
  geom_point() +
  geom_smooth(method = "lm", se = FALSE, colour = "blue", size = 0.7) +
  geom_smooth(se = FALSE, colour = "red", size = 0.7) +
  facet_wrap(~ id, ncol = 4)

# + Correlations btw MI and steps standing time + ####

# steps ~ mi all calves
ggplot(IQ_final, aes(x = mi_S_d, y = steps_S_d)) +
  geom_point() +
  geom_smooth(method = "lm", se = FALSE, size = 0.7) +
  geom_smooth(se = FALSE, colour = "red", size = 0.7)

# steps ~ mi per calf
ggplot(IQ_final, aes(x = mi_S_d, y = steps_S_d, colour = group)) +
  geom_point() +
  geom_smooth(method = "lm", se = FALSE, colour = "blue", size = 0.7) +
  geom_smooth(se = FALSE, colour = "red", size = 0.7) +
  facet_wrap(~ id, ncol = 4)

```

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.