



Fragile Foal Syndrome (FFS) **inverkan på hoppförmåga och** **exteriör hos svenska varmblod** **(SWB)**

Varför hoppar hästar med samma mutation på olika sätt?

Kajsa Nyström

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakultet/Institution: fakulteten för husdjursgenetik
Program/Utbildning: Husdjursagronom
Utgivningsort: Uppsala 2023



Fragile Foal Syndrome (FFS) inverkan på hoppförmåga och exteriör hos svenska varmblood (SWB)

Varför hoppar hästar med samma mutation på olika sätt?

Effects of Fragile Foal Syndrome (FFS) on jumping ability and conformation in Swedish Warmblood (SWB)

Why do horses with the same mutation jump differently?

Kajsa Nyström

Handledare: Sofia Mikko, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjursgenetik

Examinator: Åsa Gelinder Viklund, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjursgenetik

Omfattning:	15 hp
Nivå och fördjupning:	Grundnivå, G2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i husdjursvetenskap, G2E
Kurskod:	EX0865
Program/utbildning:	Agronomprogrammet - husdjur
Kursansvarig inst.:	Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Utgivningsort:	Uppsala
Utgivningsår:	2023
Omslagsbild:	Dreamstime.com
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Nyckelord: Ehler-Danlos Syndrom, exteriör, Fragile Foal Syndrome (FFS), genetik, hoppförmåga, svenska varmblood (SWB)

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institutionen för husdjursgenetik (HGEN)

Avdelning för husdjurens genetik (HGEN)

Sammanfattning

Fragile Foal Syndrome (FFS) är en genetisk sjukdom som drabbar hästar. Sjukdomen karaktäriseras av svag och ömtålig bindväv. Detta bidrar till att individer homozygota för anlaget aborteras eller avlivs direkt efter födning. Syndromet beror på en mutation som påverkar i kollagenproduktion, vilken nedärvs autosomt recessivt. Även om FFS är en ovanlig sjukdom är dess inverkan inom hästaveln signifikant. Denna litteraturstudie syftade till att undersöka hur FFS-anlaget påverkade hoppförmåga och gångarter hos SWB-hästar. Målet var att identifiera skillnader och likheter mellan hopphästar och icke-hopphästar (dressyrhästar) gällande hopptechnik och exteriör. Litteraturstudien undersökte även om skillnaderna och likheterna mellan hopphästar och icke-hopphästar berodde på fysiologiska eller anatomiska egenskaper kopplade till FFS-anlaget. Slutsatsen visade att skillnaderna mellan dressyrhästarna och hopphästarna med FFS-anlaget kunde bero på hästens exteriör samt hur de använde sina muskler. Dressyrhästar med FFS-anlag uppvisade stor osäkerhet och sämre förmåga vid hoppning samt mer biljarderande gångarter. Hopphästar med FFS-anlag hade ett kraftigt avstamp, hängande framben, nystande gångarter och dålig taxeringsförmåga som kan relateras till muskelsvaghet i samband med överflexibilitet. Likheterna mellan hopphästar och dressyrhästar med anlaget är att de är flexibla och rör sig elastiskt.

Nyckelord: Ehler-Danlos syndrom, exteriör, *Fragile Foal Syndrome* (FFS), genetik, hoppförmåga, svenska varmblod (SWB)

Abstract

Fragile Foal Syndrome (FFS) is a genetic disease that affects horses. The disease is characterized by weak and fragile connective tissue. This results in individuals homozygous for the allele being aborted or euthanized shortly after birth. The syndrome is caused by a mutation that affects collagen production, which is inherited in an autosomal recessive manner. Although FFS is a rare disease, its impact on horse breeding is significant. This literature study aimed to investigate how the FFS allele affected jumping ability and gaits in Swedish Warmblood (SWB) horses. The goal was to identify differences and similarities between jumping horses and non-jumping horses (dressage horses) in terms of jumping-technique and conformation. The literature study also investigated whether these differences and similarities between jumping horses and non-jumping horses were related to physiological or anatomical characteristics associated with the FFS-allele. The conclusion showed that the differences between dressage horses and jumping horses with the FFS allele could depend on the horse's conformation and how they used their muscles. Dressage horses with the FFS allele exhibited significant uncertainty and modest jumping ability, as well as more paddling gaits. Jumping horses with the FFS allele had a powerful takeoff, hanging front legs, winging gaits, and poor distance estimation, which could be related to muscle weakness associated with excessive flexibility. The similarities between jumping horses and dressage horses with the FFS-allele were that they were flexible and moved with elasticity.

Keywords: conformation, Ehler-Danlos Syndrome, *Fragile foal syndrome* (FFS), genetics, jumping ability, Swedish Warmblood (SWB)

Innehållsförteckning

Förkortningar	5
1. Introduktion	6
1.1 Svenska varmblod	6
1.2 <i>Fragile Foal Syndrome</i>	6
1.3 Syfte och frågeställning	6
2. Litteraturoversikt	8
2.1 Ehler-Danlos Syndrom	8
2.2 SWB:s avelsmål	9
2.3 Avel av SWB som prestationshästar	9
2.4 <i>Fragile Foal Syndrome</i> i aveln	9
2.5 Förekomsten av FFS inom SWB	10
2.6 Dressyrrelaterade egenskaper	11
2.6.1 Fysiska och anatomiska egenskaper kopplade till dressyrhästar med FFS- anlag	11
2.6.2 Biomekanik relaterad till exteriör och teknik hos dressyrhästar	12
2.7 Hopprelaterade egenskaper	13
2.7.1 Fysiska och anatomiska egenskaper kopplade till hopphästar med FFS- anlag	14
2.7.2 Biomekanik relaterad till exteriör och teknik hos hopphästar	15
3. Diskussion	17
3.1 FFS jämfört med humanmedicinens EDS	17
3.2 FFS inom aveln	18
3.3 Anatomiska och fysiologiska egenskaper kopplade till FFS	18
4. Slutsats	21
Referenser	22

Förkortningar

BLUP	Best linear unbiased prediction
EBV	Estimated Breeding value
EDS	Ehler-Danlos syndrome
FFS	<i>Fragile Foal Syndrome</i>
SWB	Swedish Warmblood

1. Introduktion

1.1 Svenska varmblodiga hästen

Avelsmålet för svenska varmblod (SWB) är att producera hästar som är internationellt konkurrenskraftiga inom de traditionella ridsportgrenarna hoppning, dressyr eller fälttävlan (SWB 2021). Redan under 1980-talet gjordes stora genetiska framsteg inom både hoppning och dressyr då hingstprövningar introducerades för hingstar som avsågs verka inom svensk varmblodsavel (Viklund 2010). År 1986 introducerades även BLUP (best linear unbiased prediction) i svensk hästavel (Viklund 2010). Viklund *et al.* (2011) konstaterade att det avelsframsteg som erhållits inom SWB fram till år 2009 uteslutande berodde på hingsturvalet. Enligt Viklund *et al.* (2011) bör fokus ligga på att avla med både ston och hingstar med motsvarande goda egenskaper för ett mer effektivt avelsarbete.

1.2 *Fragile Foal Syndrome*

Fragile Foal Syndrome (FFS) har länge varit ett problem bland varmblodshästar då individer homozygota för defekten avlider nära inpå födseln (Aurich *et al.* 2019). Syndromet innebär att kollagenutvecklingen är defekt och huden på individerna mer eller mindre "faller av" (Metzger *et al.* 2021). Trots att defekten har dödlig utgång förekommer den fortfarande i relativt hög frekvens bland varmblodiga prestationshästar (Ablondi *et al.* 2022). Spekulationer finns att individer med heterozygot uppsättning av FFS-anlaget utvecklar eftertraktade egenskaper gällande hopp teknik och gångarter (Ablondi *et al.* 2022). Specifika egenskaper för hoppning, gångarter, rörlighet och elasticitet som idag eftersträvas för svenska varmblod (SWB 2021).

1.3 Syfte och frågeställning

Denna litteraturstudie syftar till att undersöka hur FFS påverkar hoppförmåga och gångarter hos SWB-hästar. Målet är att identifiera skillnader och likheter

angående hur FFS-anlaget påverkar prestationsegenskaperna hos hopphästar och icke-hopphästar.

Frågeställningar:

- Varför beter sig anlagsbärande hopphästar som de gör - beror det på anatomiska eller fysiologiska egenskaper kopplade till FFS?
- Vad är skillnader och likheter mellan hopphästar och icke-hopphästar gällande hopptechnik och exteriör hos anlagsbärande och icke-anlagsbärande hästar?

2. Litteraturöversikt

2.1 Ehler-Danlos Syndrom

Inom humanmedicin är Ehler Danlos Syndrom (EDS) en genetisk sjukdom som påverkar kollagensyntesen likt hur FFS påverkar hästar (Monthoux *et al.* 2015). EDS är mer välkänd diagnos hos människor än vad FFS är hos hästar. Fler studier har genomförts för att undersöka EDS vilket kan bidra med viss information om hur FFS påverkar hästar. Somliga typer av EDS nedärvs autosomt dominant, som innebär att individen endast behöver ära anlaget från en förälder för att sjukdomen ska uttryckas (Röjvik *et al.* 2021). Det finns även autosomt recessivt nedärvningsmönster för EDS vilket innebär att individen behöver ära anlaget från båda föräldrar för att sjukdomen ska uttryckas (Röjvik *et al.* 2021). Hos människor är symptomen för EDS liknande de som uppvisas hos hästar med FFS (Monthoux *et al.* 2015). Där förekommer symptom som hyperflexibilitet i hud och leder, anormalt nedsatt läkningsförmåga samt muskelhypotemi (nedsatt skelettmuskelspänning) (Malfait *et al.* 1993).

Muskelhypotemi karakteriseras ofta av ett minskat motstånd i passiv sträckning av muskeln (Hellström *et al.* 2019). Symptomen för muskelhypotemi uppstår som bland annat muskelsvaghet och koordinationsproblem (Hellström *et al.* 2019). Hyperflexibiliteten i leder har hos människor visat sig leda till tidig utveckling av artros (Röjvik *et al.* 2021). Artros hos yngre barn försenar den motoriska utvecklingen som innebär att de bland annat har svårt att lära sig att gå (Röjvik *et al.* 2021). Huden hos patienter med EDS är skör och ovanligt töjbar (Malfait *et al.* 1993). Konsekvensen blir tunn hud som är känslig för sår och blåmärken (Malfait *et al.* 1993; Röjvik *et al.* 2021). Personer som lider av EDS upplever ofta smärta och trötthet vilket kan härledas till bland annat muskelhypotemi och hyperflexibilitet (Hellström *et al.* 2019). Individer med denna diagnos har även koncentrationssvårigheter och kan få svårt med avståndsbedömning (Hellström *et al.* 2019).

2.2 SWB:s avelsmål

För att avelsmålen ska bli mer objektiva och därmed mätbara behövs information om egenskaper som gör att hästar idag blir framgångsrika inom hoppning eller dressyr (Viklund 2010). SWB har ett väletablerat avelsprogram och är erkänd som en av de bästa avelsorganisationerna inom hästsporten (Viklund 2010). Målet med SWB är att producera en häst som utmärker sig inom dressyr, hoppning och fälttävlan (SWB 2021). Hästarna ska kunna uppvisa egenskaper såsom god exteriör och rörelser med fokus på atletiska förmågor, smidighet och elasticitet (SWB 2021). Samtidigt ska de vara fria från defekter som kan påverka dess hållbarhet (SWB 2021).

2.3 Avel av SWB som prestationshästar

I en studie av Ablondi *et al.* (2019b) undersöktes genomiska regioner som misstänktes vara selekterade för inom svensk-varmblodsavel. Författarna jämförde SNP (Single Nucleotide Polymorphism) data från SWB hästar med SNP data från Exmoor ponnyer, vilka skiljer sig från SWB genom att de inte avlats för prestationsegenskaper (Ablondi *et al.* 2019b). Författarna menade även att aveln för prestationsegenskaper även skapat ett urval av individer med viss alleluppsättning i ett specifikt lokus (Ablondi *et al.* 2019b). Genomregionerna som skilde sig mellan grupperna innehöll gener främst involverade i nervsystemets funktion, såsom muskelkontraktioner (Ablondi *et al.* 2019b). På grund av de många faktorer som utgör sporthästares prestation, interagerar många av de selekterade generna i SWB med varandra (Ablondi *et al.* 2019b).

Hos hästar avlade för hoppning har det påvisats högre förekomst av gener främst relaterade till det endogena belöningssystemet, neuromuskulär kontroll och koordination (Ablondi *et al.* 2019a). Vidare kan gener involverade i flexibla leder, kollagenuppbyggnad och muskelfunktion relateras till dressyrhästar. Studien antyder att det finns gener involverade i rörelseflexibilitet hos SWB hästar (Ablondi *et al.* 2019a). Ablondi *et al.* (2019a) kunde i studien även påvisa potentiella genregulatorer hos SWB som antyder ytterligare en dimension till variationen av de fenotyper som väljs ut hos sporthästar.

2.4 *Fragile Foal Syndrome* i aveln

FFS är en genetisk sjukdom som förekommer hos främst varmblodshästar (Metzger *et al.* 2021; Ablondi *et al.* 2022b). Sjukdomen orsakas av en mutation i genen *PLODI*. Denna gen kodar för ett enzym som är en funktionell enhet i

kollagensyntesen som i sin tur påverkar produktionen samt funktionen av kollagen (Reiter *et al.* 2020).

Kollagen är en huvudstruktur i bindväven vilket senor, ligament, hud och blodkärl till stor del består av (Monthoux *et al.* 2015; Aurich *et al.* 2019). Om en individ föds med dubbel uppsättning av FFS-anlaget aborteras många av fostren redan innan födsel (Monthoux *et al.* 2015). De kliniska tecken hos föl som ändå föds med homozygot anlag uppsättning är ömtålig hud vilken lätt skalas bort från kroppen (Monthoux *et al.* 2015). Fölen får lätt sår i slemhinnor, är överrörliga i leder och får lätt blodutgjutningar vilket är väldigt smärtsamt (Monthoux *et al.* 2015). I en studie som gjordes på möss med FFS-anlag påvisades även att mutationen kan leda till bristningar i aortan (Monthoux *et al.* 2015). Däremot påverkar bristningar i stora blodkärl inte nödvändigtvis livslängden på djuren (Monthoux *et al.* 2015).

Idag finns genetiskt test för FFS-anlaget vilket möjliggör för uppfödare att testa sina avelsdjur för att undvika parning mellan två anlagsbärare (Ablondi *et al.* 2022). Sjukdomen har autosomt recessivt nedärvnings-mönster vilket innebär att bärare av detta anlag nedärver mutationen till 50% av sina avkommor (Reiter *et al.* 2020). Alla hingstar som idag används inom svensk avel testas för anlaget. Om de testas positivt som anlagsbärare får de fortsatt användas i aveln, däremot får de ej betäckas med ston som också bär på anlaget (SFS 2018:1192; SWB 2019).

År 2017 uppgick bärarfrekvensen inom ett slumpmässigt urval av föl födda 2017 inom SWB till 7,44% (SWB 2019). I en slumpmässig parning är då risken att få drabbade föl ungefär 0,14%, som skulle motsvara fyra föl varje år. År 2019 uppskattades 15% av varmblodshästar bära på anlaget för FFS (Aurich *et al.* 2019). Bärarfrekvensen för FFS är ovanligt hög eftersom genetiska sjukdomar förväntas avlas bort inom några generationer (Aurich *et al.* 2019). Av denna orsak misstänks sjukdomen korrelera med egenskaper som ingår i avelsmålen (SWB 2019).

2.5 Förekomsten av FFS inom SWB

I en studie av Ablondi *et al.* (2022) studerades två grupper av hästar avseende fenotyp och bärarfrekvens av FFS-anlaget. De två grupperna bestod av hopphästar samt hästar som inte var avlade för hoppning (Ablondi *et al.* 2022). Hästarna vilka klassades som icke-hopphästar var i stor utsträckning dressyrhästar (Ablondi *et al.* 2022). Studien baserades på ett urval av 511 randomiserat selekterade individer bland SWB hästar (Ablondi *et al.* 2022). I samma studie skattades förekomsten av anlagsbärare till 12% inom hela varmblodspopulationen av hästar som var födda

mellan 1971 och 2020 (Ablondi *et al.* 2022). Den heterozygota genotypen var främst framstående hos icke-hoppande hästar där positiva effekter av anlaget syntes tydligt för rörelser (Ablondi *et al.* 2022). FFS effekt på hästens exteriör korrelerade även med exteriöra egenskaper inom dressyraveln (Ablondi *et al.* 2022). Hästar med anlag för FFS har generellt speciella fenotypiska egenskaper. Kroppen är generellt längre, de har ofta en mer välvd nacke och länd jämfört med hästar som inte bar på anlaget (Ablondi *et al.* 2022).

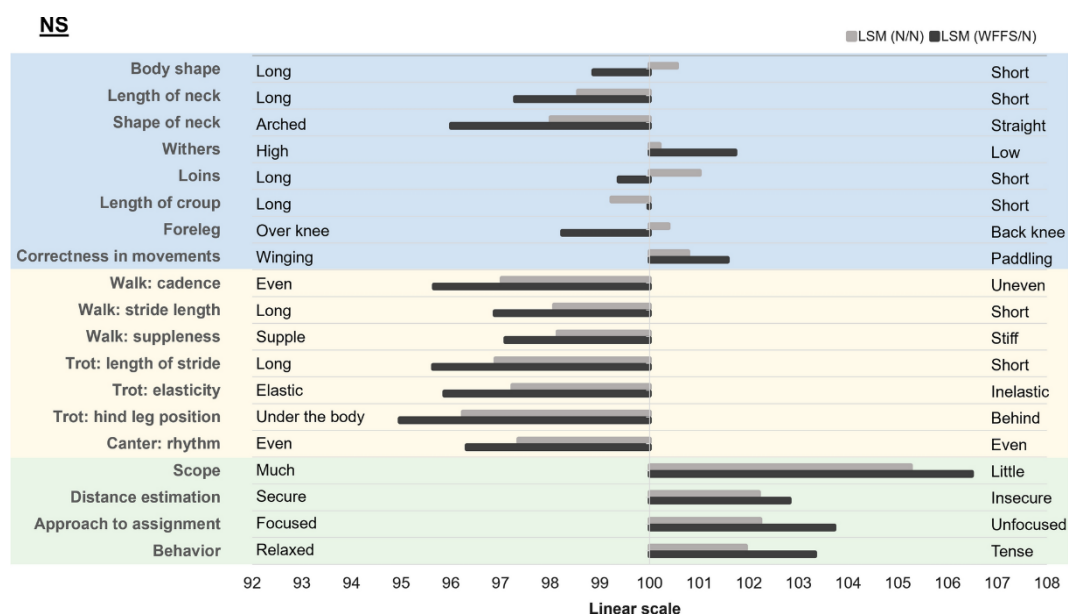
2.6 Dressyrrelaterade egenskaper

Hos den tyska varmblodshästen Hannoveranare gjordes en studie för att undersöka FFS-anlagets frekvens i populationen. I studien av Metzger *et al.* (2021) fann de att egenskaper relaterade till FFS korrelerade med EBV (skattade avelsvärden) för gångartsrelaterade egenskaper hos Hannoveranare. FFS-egenskaperna korrelerade speciellt för exteriöra egenskaper hos dressyravlade hästar (Metzger *et al.* 2021). Studien påvisade en signifikant korrelation mellan FFS och avelsvärden relaterade till dressyregenskaper (Ablondi *et al.* 2019b). Den höga frekvensen av FFS-bärare kan förklaras av den specialiserade aveln som bedrivs idag (Metzger *et al.* 2021). När hingstar började användas mer internationellt och aveln blev mer specialiserad mot de olika ridsportgrenarna valdes endast de bästa hingstarna till avel (Ablondi *et al.* 2019a; Viklund 2010). Individer som bär på FFS-anlaget uppvisar ofta fysiska egenskaper så som hyperflexibilitet och elasticitet (Ablondi *et al.* 2022). Egenskaperna kan även associeras med avelsmål för gångarter (Ablondi *et al.* 2022; SWB 2021). I studien av Ablondi *et al.* (2022) poängteras det att trots FFS ofördelaktiga effekter går det inte att förneka en preferens till egenskaperna syndromet medför.

2.6.1 Fysiska och anatomiska egenskaper kopplade till dressyrhästar med FFS-anlag.

För de hästar som främst avlas för dressyr finns tydliga fördelar avseende linjära egenskaper som beskriver gångarter, elasticitet och flexibilitet som korrelerar med FFS-anlaget (Ablondi *et al.* 2022). Dressyrhästar med FFS-anlag uppvisade smärre exteriöra skillnader till dressyrhästar utan FFS-anlag (Metzger *et al.* 2021; Ablondi *et al.* 2022). Överlag hade dressyrhästar med FFS-anlag, enligt beskrivande avelsindex, en längre kropp, nacke och ländrygg jämfört med hästar utan anlaget (Ablondi *et al.* 2022). De hade en mer välvd nacke, en längre länd, frambenens rörelser var mycket elastiska och de hade mer biljarderande rörelser (Ablondi *et al.* 2022). Jämfört med hästar utan anlaget hade dressyrhästar med

FFS-anlag mer rytmisk skritt (Ablondi *et al.* 2022). De var smidigare och deras trav var mer elastisk, deras bakben var mer placerade under kroppen och de hade en jämnare rytm i galoppen (Ablondi *et al.* 2022). Vid hoppning hade dressyrhästar med FFS-anlag mindre kapacitet, var mindre fokuserade, mindre säkra på avståndsbedömning och mer spända jämfört med hästar utan anlaget (Ablondi *et al.* 2022). Beskrivningen av egenskaper hos anlagsbärare och icke anlagsbärande hästar avlade för dressyr ses i *Figur 1* (Ablondi *et al.* 2022). Linjära avelsvärden för exteriör är blåfärgad, linjära avelsvärden för gångarter är guldfärgad och linjära avelsvärden för egenskaper är grönfärgade (Ablondi *et al.* 2022).



*Figur 1. Beskrivande avelsindex för icke-hopphästar (dressyrhästar) med respektive utan FFS-anlag (Ablondi *et al.* 2022).*

2.6.2 Biomekanik relaterad till exteriör och teknik hos dressyrhästar

Hur hästen rör sig i de olika gångarterna är ofta avgörande när det gäller avelsvärden för dressyrhästen (Viklund 2010.). Skritten är en långsam, regelbunden, fyrtaktig gångart (Gregory 2014a). En tidig eller fördröjd placering av frambenen kan påverka relationen mellan hovplaceringen för fram- och bakbenen utan att påverka vänster-höger-symmetri (Gregory 2014a). När skrittens hastighet ökar förkortas stödfasen för varje ben och det uppstår en ökad framåtrörelse för att bibehålla balansen (Gregory 2014a).

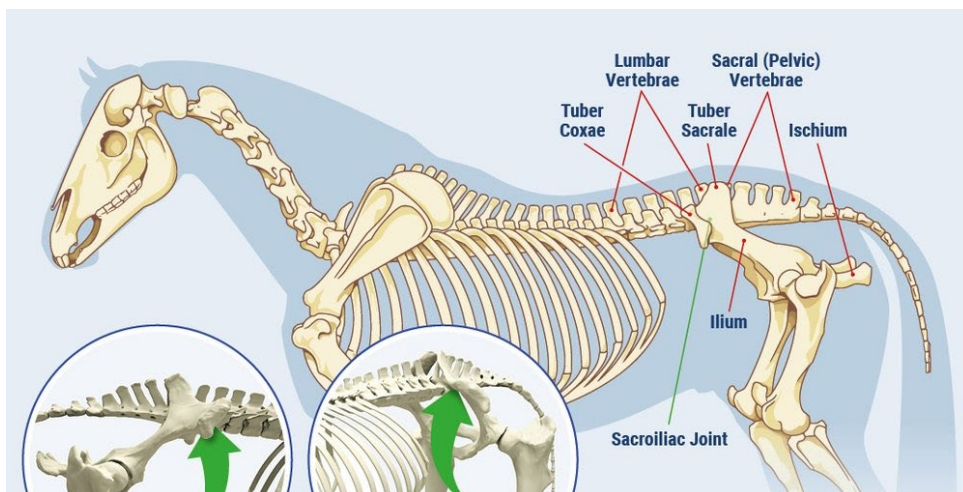
I traven finns ingen svävningsfas, en ökning av hastigheten i denna gångart regleras genom att förflytta hästens tyngdpunkt längre framåt (Gregory 2014a).

När travhastigheten ökar tenderar samordningen mellan framben och bakben att bli något ur fas, vilket kallas avancerad placering, eller diagonal dissociation (Gregory 2014a). En positiv diagonal dissociation, föredras hos dressyrhästen (Gregory 2014a). Oberoende av graden samling är detta rörelsemönster relaterat till höga travpoäng och ger en indikation på hästens naturliga balans (Gregory 2014a).

Galoppen är en tretaktig gångart som bäst betraktas utifrån hovplacering och balans (Gregory 2014a). I denna gångart ger ett av bakbenen drivkraft, medan de andra tre benen rör sig framåt (Gregory 2014a). En tredelad fas följer, där både bakbenet och den diagonala frambenet bär vikt, följt av en framåtriktad drivande framben som initierar framåtrörelsen medan de andra tre benen är i luften och rör sig framåt (Gregory 2014a).

2.7 Hopprelaterade egenskaper

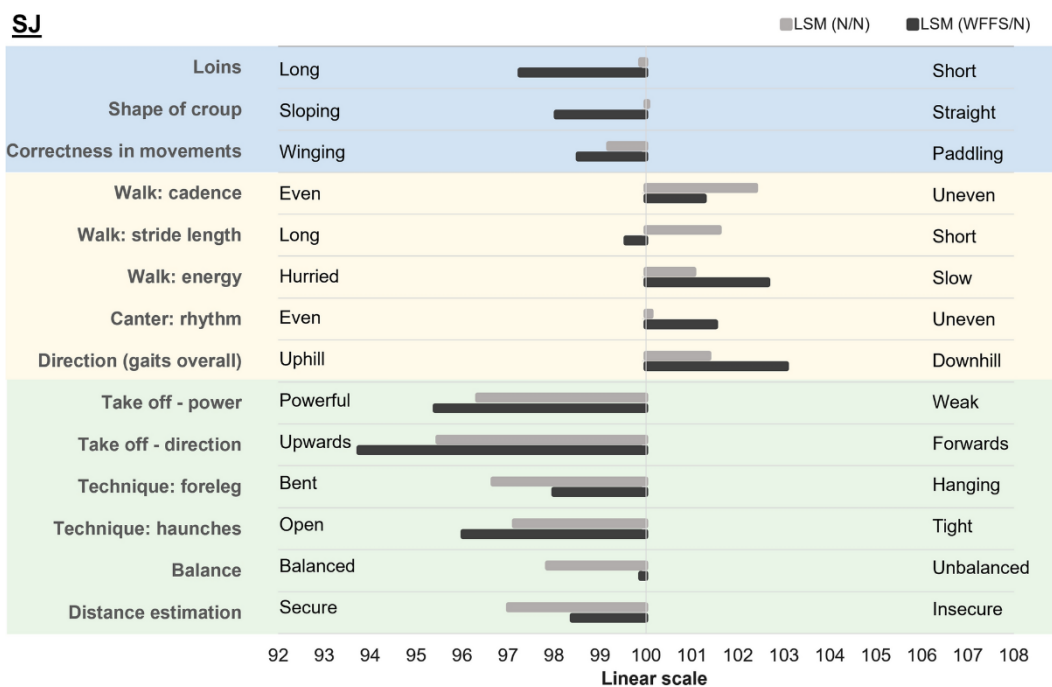
Hopptechnik är ett komplext begrepp och kan förändras över tid när den unga hästen vuxit klart och blivit starkare (St. George *et al.* 2021). Därför är det viktigt inom aveln att hitta strategier för vilka man kan utvärdera den unga hopphästen (Viklund *et al.* 2011). Detta för att tidigt kunna selektera individer passande för avel av de framtida hopphästarna samt kunna utveckla individerna med rätt träning för framtida prestationer (Viklund *et al.* 2011; St. George *et al.* 2021). Generellt kan hopphästar delas in i två grupper: bra hopphästar och sämre hopphästar (Gregory 2014b). Vid en närmare anblick på de två grupper kan vissa betydande skillnader utmärka en bra och en sämre hopphäst. Sämre hopphästar är generellt dåliga på att förlänga lumbrosakral-leden (*Figur 2.*) under svävmomentet i språnget, samt har en ökad flexion av thorakolumbar-och-lumbrosakralregionen före avstamp (Gregory 2014b). De två egenskaperna leder till en mindre effektiv taxering och hästen hoppar mer uppåt än framåt över ett hinder (Gregory 2014b). Ett kraftigt avstamp i bakbenen innan ett hinder kan delvis bero på en lyckad förlängning av lumbrosakral-leden (*Figur 2.*)(Gregory 2014b). En lyckad förlängning av lumbrosakral-leden erbjuder mer kraft från bålen vilken kan genereras i bakbenen innan avstampet (Gregory 2014b). Dessa faktorer syns ofta hos hästar med god hopptechnik (Gregory 2014b).



Figur 2. Lumbrosakral-leden på häst (*Equine Sacroiliac Joint — North American Article Index 2022*).

2.7.1 Fysiska och anatomiska egenskaper kopplade till hopphästar med FFS-anlag

Enligt beskrivande avelsindex hade anlagsbärande hopphästar längre ländrygg, en mer sluttande länd, och mer nystande rörelser än hästar som inte bär på FFS-anlaget (Ablondi *et al.* 2022). Skritten hos anlagsbärande hopphästar var längre, mer rytmisk, mindre energisk och med en mer nedåtsluttande allmän gångriktning jämfört med hästar som inte bär på anlaget (Ablondi *et al.* 2022). Rytmen i galoppen hos hopphästar med anlaget var mer ojämn än hos hästar utan anlaget (Ablondi *et al.* 2022). När det gäller hoppning uppvisade FFS-bärare ett kraftfullare språng med upprätt avsprångspunkt, mer hängande framben, öppna bakben och mindre balans samt en mer osäker avståndsbedömning än hästar utan anlaget vilket tydliggörs i (Figur 3) (Ablondi *et al.* 2022). Linjära avelsvärden för exteriör är blåfärgad, linjära avelsvärden för gångarter är gulfärgad och linjära avelsvärden för egenskaper är grönfärgade (Ablondi *et al.* 2022).



Figur 3. Beskrivande avelsindex för hopphästar med respektive utan FFS-anlag (Ablondi *et al.* 2022).

I en studie av Gregory (2014 a) antyds det att duktiga hopphästar ofta har en längre nacke vilket kan associeras till en bättre balans i språnget över ett hinder (Gregory 2014b). Hos hopphästar är bogen oftast mer sluttande och frambenskotan har visats vara större hos högpresterande hopphästar jämfört med dressyrhästar (Gregory 2014b; Weeren 2014). Hoppavlade hästar har kortare ryggar jämfört med dressyrhästar, vilket möjligen är relaterat till smidigheten hos dressyrhästen (Gregory 2014b; Ablondi *et al.* 2019b).

2.7.2 Biomekanik relaterad till exteriör och teknik hos hopphästar

För att kunna utvärdera egenskaperna hos hopphästar med FFS-anlag kan de jämföras med hästar utan anlaget. Detta ger en uppfattning om hur anlaget påverkar hopphästens prestation. Enligt en studie av St. George *et al.* (2021) påvisades att äldre hästar kan hoppa med en högre vertikal tyngdpunkt än yngre hästar. Den äldre hästen har fått mer tid och träning för att kunna anpassa sin tyngdpunkt inför ett större språng (Weeren 2014; St. George *et al.* 2021). Enligt St. George *et al.* (2021) är bra hopphästar de individer som genererar mer kraft i bakbensmuskulaturen och därmed förflyttar sin tyngdpunkt vertikalt inför ett hinder. Hästarna som hade en hög vertikal tyngdpunkt i avstampet hade kortare kontraktioner i bakbensmuskulaturen vid avstampet vilket var signifikant korrelerat med en god taxeringsförmåga (St. George *et al.* 2021).

När hästen ska taxera avsprångspunkten sträcker hästen huvudet nedåt och framåt som innebär att hästen sänker sin tyngdpunkt innan den inleder den uppåtgående rörelsen (Gregory 2014b). För att ändra rörelseriktningen från framåt till uppåt skjuts frambenen framåt och bromsar kroppens framåtrörelse (Gregory 2014a). Frambenen ger här stor vertikal kraft som startar språnget (Gregory 2014b). Från denna inbromsande rörelse böjer hästen underbenet genom att svinga axelns punkt framåt och uppåt, vilket drar armbågen framåt (Gregory 2014b). Med frambenen i denna position kan hästen böja armbågen och lyfta knäna (Gregory 2014b). När bakdelen sedan passerar över hindret förlängs ländryggen och sakralleden för att lyfta bakdelen, samtidigt som höftleden sträcks ut för att lyfta underbenen (Gregory 2014b). Frambenstekniken är något som utmärkte sig hos hästar med anlag för FFS (Ablondi *et al.* 2022). Hoppavlade hästar med FFS-anlaget uppvisade hoppteknik med kraftfullare avstamp, uppåtriktad språngkurva, hängande framben och osäker taxeringsförmåga jämfört med hopphästar som inte var bärare av anlaget (Ablondi *et al.* 2022).

3. Diskussion

3.1 FFS jämfört med humanmedicinens EDS

De symptom som kan uppstå hos människor med EDS kan i viss utsträckning härledas till de som syns hos hästar med FFS-anlaget (Aurich *et al.* 2019). Överrörligheten som kan kopplas till den stabila bindväven kan även öka skaderisken hos anlagsbärare (Aurich *et al.* 2019; Hellström *et al.* 2019). En konsekvens av EDS som finns hos människor är muskelhypotemi. Detta innebär att muskulaturen inte kan motverka de överrörliga lederna som i dessa fall tenderar att bli extra känsliga (Malfait *et al.* 1993). Inom humanmedicinen kan detta förklara varför människor med EDS lider mer av värk och skador i leder (Malfait *et al.* 1993; Ehlers-Danlos syndrom 2019). Individer med försvagad muskulatur har även en högre tendens att drabbas av luxationer (dislokation vilket innebär att benen i en led förskjuts, som försätter den ur led) (Malfait *et al.* 1993). Muskelhypotemi kan även orsaka att yngre individer får sämre koordinationsförmåga och lär sig att gå sent (Röjvik *et al.* 2021). Muskelhypotemi hos hästar har inte skildrats i någon litteratur däremot är CCD (central core disease) den sjukdomen som beskriver liknande symptom (Paciello *et al.* 2006). Skulle muskelhypotemi påvisas hos hästar med FFS-anlaget skulle det kunna förklara koordinationsproblem. Muskelhypotemi kan hypotetiskt förklara de hängande frambenen hos hästar som bär på FFS-anlaget. Hästar som bär på FFS-anlaget är generellt mer flexibla i leder och kan då lättare sträcka ut sina muskler än vad de kan kontrahera dem. Frambenstekniken är mer beroende av muskelstyrka och att hästen kan dra upp benen mot gravitationskraften. Enligt Gregory (2014b) kräver god bakbensteknik en flexibel lumbrosakral-led. Alltså krävs mer flexibilitet än styrka för att öppna upp bakbenen i språnget, men mer styrka krävs för att få en bättre frambensteknik. För att säkerställa denna teori krävs däremot studier för att undersöka eventuella förändringar i muskelsammansättningen hos hästar med FFS-anlaget.

Ett annat symptom som kan uppstå hos människor med EDS är lösa benbitar i närheten av leder (Röjvik *et al.* 2021). Skulle detta kunna relateras till hästar med artros? Hästar med FFS-anlaget är mer benägna att drabbas av skador i senor eller ligament vilket kan relateras till den försvagade bindväven (Monthoux *et al.* 2015; Aurich *et al.* 2019). En svag struktur i senor och ligament kan även medföra smärta hos hästen vilket inte är att eftersträva för framtida prestationshästar.

3.2 FFS inom aveln

Individer verksamma inom svenska varmblodsavel med bra prestationer har ofta höga avelsvärden (SWB 2021). Det är därför högst ovanligt att genetiska mutationer som uppstår blir bestående i flera generationer (Reiter *et al.* 2020; SWB 2019). FFS har under senare tid även upptäckts hos andra hästraser, utöver varmblodshästar (Reiter *et al.* 2020). Idag finns det metoder för att testa för anlaget (SWB 2019; Monthoux *et al.* 2015). Att sjukdomen har en stor spridning bland högpresterande individer inom ridsportgrenarna tyder på att anlaget ger utslag på egenskaper som fortfarande medvetet avlas för (Metzger *et al.* 2021; Ablondi *et al.* 2022). Skulle en koppling finnas mellan artros och FFS-anlaget har detta även en negativ effekt på aveln av framtida prestationshästar då de inte blir lika hållbara. För framtida studier kan det vara intressant att undersöka förekomsten av artros hos hästar med FFS-anlaget och hur detta påverkar hästens benställning och prestation i ridsportgrenarna.

Enligt en studie av Ablondi *et al.* (2022) simulerades en population som till viss del uteslöt individer med anlag för FFS. Resultatet visade att anlaget succesivt försvinner från populationen vid selektiv avel (Ablondi *et al.* 2022). Nämnvärt är dock att den motsvarande SWB-populationen i studien av Ablondi *et al.* (2022) var liten. Den kan därför inte vara representativ för hela varmblodspopulationen dock kunde ändå en striktare selektion mot anlagsbärande hingstar genomföras utan att det påverkade avelsframsteget (Ablondi *et al.* 2022). Däremot kan den ge en indikation på hur FFS-anlaget påverkar SWB hästar. Korrelationen mellan avelsmålen för prestationsegenskaper och FFS-anlaget visas även i studien av Metzger *et al.* (2021), där FFS-bärande individers exteriöra egenskaper ofta korrelerade med avelsmålen för dressyr. Även i studien av Metzger *et al.* (2021) var urvalsunderlaget inte tillräckligt stor för att kunna representera hela varmblodspopulationen, utan för att indikera på hur populationen påverkas.

3.3 Anatomiska och fysiologiska egenskaper kopplade till FFS

Hopphästar och dressyrhästar som bär på FFS-anlaget tenderar att erhålla samma egenskaper gällande exteriör och gångarter. Dock finns det vissa likheter och skillnader mellan dem. Likheterna mellan anlagsbärare avlade för dressyr och anlagsbärare avlade för hoppning är egenskaper som beskriver hyperflexibilitet i fram och bakben (Ablondi *et al.* 2022). Detta kan bero på reducerad struktur i bindväven (Gregory 2014a; Monthoux *et al.* 2015). Hyperflexibiliteten kan påverka förmågan att böja och sträcka på leder i rörelsemoment som hoppning eller i hästens gångarter (Gregory 2014a; Gregory 2014b; Monthoux *et al.* 2015).

St. George *et al.* (2021) menar i sin studie att hoppförmåga beror på hästens exteriör samt hur skicklig hästen är på att koordinera sin kropp. I samma studie påvisas också att hopp tekniken beror på hästens ålder och träning, vilka förändras när hästen blir äldre (St. George *et al.* 2021). Hästens förmåga att koordinera sin kropp kan förklara de anatomiska och fysiologiska egenskaper relaterade till anlagsbärande hopp- och dressyrhästar (Weeren 2014; St. George *et al.* 2021; Ablondi *et al.* 2022). Anatomiskt kan leder, ligament och senor påverkas hos hästar som bär på anlaget (Aurich *et al.* 2019). Strukturer som ligament och senor har som funktion att stötta upp hästens kropp samt absorbera stötar och tryck som utvecklas under rörelse (Gregory 2014a). En svagare bindväv kan leda till en högre risk för skador (Monthoux *et al.* 2015; Castori *et al.* 2017). En svagare bindväv kan även relateras till smärta hos hästar och leda till en sämre prestationsförmåga.

Vidare kan viss skillnad i biomekaniska rörelser uppvisas mellan hopp hästar med FFS-anlag och hästar utan FFS-anlag (Ablondi *et al.* 2022). Exempelvis har hästar med FFS-anlag längre steglängd med mindre kraft över hindren, vilket troligtvis kan härledas till den svagare bindväven (Castori *et al.* 2017; Ablondi *et al.* 2022). Med hänseende till hopp hästar utan FFS-anlag klassas de som bra hopp hästar om de har en god bakbensteknik. Eftersom en bra bakbensteknik tenderar till färre rivningar blir avelsvärdet på individerna högre än för de med dålig bakbensteknik (St. George *et al.* 2021). En god bakbensteknik är något hästar med FFS-anlaget ofta erhåller vilket kan förklara för den stora spridningen av FFS bland hopp hästar (Ablondi *et al.* 2019a, 2022; St. George *et al.* 2021).

Något som däremot är viktigt att ta i beaktning är att hindrets höjd påverkar hästens hopp teknik (Weeren 2014; St. George *et al.* 2021). Om en hopp individ har en god förmåga att rotera och lyfta sin kropp utifrån dess egen tyngdpunkt besitter den en god hopp förmåga (Weeren 2014; St. George *et al.* 2021). Hästar med en god förmåga att öka stegfrekvensen innan ett hinder, samt har en hög acceleration i fram och bakben i språngkurvan har generellt en god taxeringsförmåga (Weeren 2014). En god taxeringsförmåga och förmåga att koordinera kroppen runt den egna tyngdpunkten krävs för att hästen ska klara av högre hinder utan att riva. Hästar med FFS-anlag uppvisar oftast en osäker taxeringsförmåga som kan relateras till en oförmåga att koordinera kroppen kring den egna tyngdpunkten samt otillräcklig kontraktion av bakkensmusklerna i avstampet.

Enligt en artikel av Castori *et al.* (2017) kan hästens sätt att använda musklerna påverka hur hyperflexibiliteten ter sig hos individen. En hopp häst är avlad för

specifika rörelser inom hoppning och tenderar att erhålla mer markbundna gångarter än dressyrhästen (Gregory 2014a; Weeren 2014). De olika rörelsemönstren kan relateras till musklernas funktion och användningsområde (Gregory 2014a; b; Castori *et al.* 2017). Hopphästar med FFS-anlag har mer nystande rörelser vilket kan bero på flera anledningar. Generellt uppstår nystande rörelser hos hästar med smalt bröstparti och utåtriktade hovar (Gregory 2014a). Detta rörelsemönster kan även relateras till svaga, obalanserade muskler eller skador (Gregory 2014a; Castori *et al.* 2017).

Hästar avlade för dressyr som bär på FFS-anlaget har mer välvd nacke, mer biljarderande rörelser och en jämnare galopp. Dressyrhästar med FFS-anlag hade sämre hoppkapacitet, var mindre fokuserade och hade sämre taxeringsförmåga (Ablondi *et al.* 2022). Detta kan bero på hur dressyrhästen är exteriört utformad jämfört med hopphästen (Gregory 2014a). För att ändra rörelseriktningen från framåt till uppåt skjuts frambenen framåt och bromsar kroppens framåtrörelse. Frambenen ger här även stor vertikal kraft som startar språnget. Från denna inbromsande rörelse viker hästen in frambenen genom att svinga axelns punkt framåt och uppåt (Gregory 2014b). Om dressyrhästen har mer biljarderande och överdrivet elastiska rörelse kan det bli svårt att i balans ändra rörelseriktningen vilket kan upplevas som en osäker taxering och sämre hoppförmåga (Gregory 2014a; b).

Den biljarderande rörelsen som kan ses hos dressyrhästen kan bero på flera faktorer. Hästar med bredare bröstparti och smalt mellan frambenen uppvisar ofta mer biljarderaande rörelser (Gregory 2014a). Detta kan även förorsakas om hästen har en sned benställning (Gregory 2014a). Biljarderande rörelser kan även uppstå om hästen är svag i vissa muskelgrupper, alternativt vid led- eller ligamentskador (Castori *et al.* 2017).

4. Slutsats

Denna litteraturstudie har utforskat den genetiska defekten FFS och dess inverkan på hästar avlade för hoppning eller dressyr. När det gäller fysiska och anatomiska egenskaper uppvisar dressyrhästar med FFS-anlag en mer välvd hals och mer biljarderande gångarter som kan relateras till bredare bröstparti. Hopphästar med FFS-anlag tenderar att nysta mer i gångarterna vilket kan relateras till ett smalare bröstparti. Skillnaderna mellan dressyrhästar och hopphästar med FFS-anlaget kan bero på hästens exteriör samt hur de använder sina muskler. Dressyrhästar med FFS-anlag uppvisar stor osäkerhet och sämre förmåga vid hoppning. Hopphästar med FFS-anlag har ett kraftigt avstamp, hängande framben och en dålig taxeringsförmåga som kan relateras till muskelsvaghet i samband med överflexibilitet. Likheterna mellan hopphästar och dressyrhästar med anlaget är att de är flexibla och rör sig elastiskt. Ytterligare forskning behövs för att fördjupa förståelsen för de underliggande effekterna av FFS-anlaget på hopphästar och dressyrhästar.

Referenser

- Ablondi, M., Eriksson, S., Tetu, S., Sabbioni, A., Viklund, Å. & Mikko, S. (2019a). Genomic Divergence in Swedish Warmblood Horses Selected for Equestrian Disciplines. *Genes*, 10 (12), 976. <https://doi.org/10.3390/genes10120976>
- Ablondi, M., Johnsson, M., Eriksson, S., Sabbioni, A., Viklund, Å.G. & Mikko, S. (2022). Performance of Swedish Warmblood fragile foal syndrome carriers and breeding prospects. *Genetics Selection Evolution*, 54 (1), 4. <https://doi.org/10.1186/s12711-021-00693-4>
- Ablondi, M., Viklund, Å., Lindgren, G., Eriksson, S. & Mikko, S. (2019b). Signatures of selection in the genome of Swedish warmblood horses selected for sport performance. *BMC Genomics*, 20 (1), 717. <https://doi.org/10.1186/s12864-019-6079-1>
- Aurich, C., Müller-Herbst, S., Reineking, W., Müller, E., Wohlsein, P., Gunreben, B. & Aurich, J. (2019). Characterization of abortion, stillbirth and non-viable foals homozygous for the Warmblood Fragile Foal Syndrome. *Animal Reproduction Science*, 211, 106202. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106202>
- Avelsplan_2021-2026_publ.pdf (u.å.). https://swb.org/wp-content/uploads/2016/11/Avelsplan_2021-2026_publ.pdf [2023-04-10]
- Castori, M., Tinkle, B., Levy, H., Grahame, R., Malfait, F. & Hakim, A. (2017). A framework for the classification of joint hypermobility and related conditions. *American Journal of Medical Genetics Part C: Seminars in Medical Genetics*, 175 (1), 148–157. <https://doi.org/10.1002/ajmg.c.31539>
- Gregory, B. (2014a). CHAPTER 15 - Conformation. I: Hodgson, D.R., McKeever, K.H., & McGowan, C.M. (red.) *The Athletic Horse (Second Edition)*. W.B. Saunders. 253–265. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7216-0075-8.00024-1>
- Gregory, B. (2014b). CHAPTER 16 - The biomechanics of equine locomotion. I: Hodgson, D.R., McKeever, K.H., & McGowan, C.M. (red.) *The Athletic Horse (Second Edition)*. W.B. Saunders. 266–281. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7216-0075-8.00025-3>
- Hellström, M., Juhlin Grattbeck, E., Velander, H., Schubert Hjalmarsson, E., Odéus, E., Romanus, B. & Wildow, M. (2019). Ehlers-Danlos syndrom. *Dokumentation*, 2019
- Information-om-Warmblood-Fragile-Foal-Syndrome.pdf (u.å.). <https://swb.org/wp-content/uploads/2020/10/Information-om-Warmblood-Fragile-Foal-Syndrome.pdf> [2023-04-23]
- Lambert, A. (2022). *Equine Sacroiliac Joint — North American Article Index. Trainer Magazine*. <https://trainermagazine.com/north-american-trainer-articles/tag/Equine+Sacroiliac+Joint> [2023-06-11]
- Malfait, F., Wenstrup, R. & De Paepe, A. (1993). Classic Ehlers-Danlos Syndrome. I: Adam, M.P., Mirzaa, G.M., Pagon, R.A., Wallace, S.E., Bean, L.J., Gripp, K.W., & Amemiya, A. (red.) *GeneReviews®*. Seattle (WA): University of Washington, Seattle. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK1244/> [2023-04-19]

- Metzger, J., Kreft, O., Sieme, H., Martinsson, G., Reineking, W., Hewicker-Trautwein, M. & Distl, O. (2021). Hanoverian F/W-line contributes to segregation of Warmblood fragile foal syndrome type 1 variant PLOD1:c.2032G>A in Warmblood horses. *Equine Veterinary Journal*, 53 (1), 51–59. <https://doi.org/10.1111/evj.13271>
- Monthoux, C., de Brot, S., Jackson, M., Bleul, U. & Walter, J. (2015). Skin malformations in a neonatal foal tested homozygous positive for Warmblood Fragile Foal Syndrome. *BMC Veterinary Research*, 11 (1), 12. <https://doi.org/10.1186/s12917-015-0318-8>
- Paciello, O., Pasolini, M.P., Navas, L., Russo, V. & Papparella, S. (2006). Myopathy with Central Cores in a Foal. *Veterinary Pathology*, 43 (4), 579–583. <https://doi.org/10.1354/vp.43-4-579>
- Reiter, S., Wallner, B., Brem, G., Haring, E., Hoelzle, L., Stefaniuk-Szmukier, M., Długosz, B., Piórkowska, K., Ropka-Molik, K., Malvick, J., Penedo, M.C.T. & Bellone, R.R. (2020). Distribution of the Warmblood Fragile Foal Syndrome Type 1 Mutation (PLOD1 c.2032G>A) in Different Horse Breeds from Europe and the United States. *Genes*, 11 (12), 1518. <https://doi.org/10.3390/genes11121518>
- Röjvik, A., Björnström, A.K., Jeltin, L. & Lesslie, S. (2021). Ehlers-Danlos syndrom. https://www.agrenska.se/globalassets/agrenska.se/pdf/dokumentationer/02_vuxenvistelse-tga/ehlers-danlos-syndrom-2021-vuxenvistelse.pdf
- St. George, L., Clayton, H.M., Sinclair, J., Richards, J., Roy, S.H. & Hobbs, S.J. (2021). Muscle Function and Kinematics during Submaximal Equine Jumping: What Can Objective Outcomes Tell Us about Athletic Performance Indicators? *Animals*, 11 (2), 414. <https://doi.org/10.3390/ani11020414>
- Viklund, Å. (2010) *Genetic evaluation of Swedish Warmblood horses*. [Elektronisk] Diss. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet. ISBN: 978-91-576-7461-6. http://pub.epsilon.slu.se/2336/1/viklund_asa_100831.pdf
- Viklund, Å., Näsholm, A., Strandberg, E. & Philipsson, J. (2011). Genetic trends for performance of Swedish Warmblood horses. *Livestock Science*, 141 (2), 113–122. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.05.006>
- Weeren, R.V. (2014). CHAPTER 25 - Training show jumpers. I: Hodgson, D.R., McKeever, K.H., & McGowan, C.M. (red.) *The Athletic Horse (Second Edition)*. W.B. Saunders. 337–346. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7216-0075-8.00034-4>

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. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

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

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