

►  
Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

**Fakulteten för veterinärmedicin  
och husdjursvetenskap**

Institutionen för biomedicin och veterinär  
folkhälsvetenskap

## Hur skiljer sig olika diagnostiska metoder i förmåga att identifiera strukturer och patologiska förändringar i bakknä hos häst?



*Caroline Frisch  
Uppsala  
2017*

*Veterinärprogrammet, examensarbete för kandidatexamen*

*Delnummer i serien: 2017:23*



## **Hur skiljer sig olika diagnostiska metoder i förmåga att identifiera strukturer och patologiska förändringar i bakknäs hos häst?**

How do diagnostic methods differ in the ability to identify structures and pathological changes in the equine stifle?

*Caroline Frisch*

**Handledare:** *Eva Skiöldebrand, Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap*

**Examinator:** *Eva Tydén, institutionen för Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap*

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** grund nivå, G2E

**Kurstitel:** *Självständigt arbete i veterinärmedicin*

**Kurskod:** EX0700

**Program:** Veterinärprogrammet

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2017

**Omslagsbild:** Emma Tegler

**Serienamn:** Veterinärprogrammet, examensarbete för kandidatexamen

**Delnummer i serie:** 2017:23

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** häst, led, bakknä, diagnostik, röntgen, ultraljud, artroskopi

**Key words:** horse, equine, stifle, diagnostics, radiography, ultrasonography, arthroscopy

**Sveriges lantbruksuniversitet**  
**Swedish University of Agricultural Sciences**

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap  
Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING .....	1
ABSTRACT .....	2
INLEDNING.....	3
MATERIAL OCH METODER.....	3
LITTERATURÖVERSIKT .....	5
Knäledens anatomi.....	5
Ledens fysiologi .....	6
Sjukdomar i knäleden.....	7
Diagnostiska metoder .....	9
Studier jämförande diagnostiska metoder för patologiska förändringar i bakknä.....	10
Begränsningar i förmåga att identifiera olika strukturer hos de diagnostiska metoderna.....	15
DISKUSSION .....	16
LITTERATURFÖRTECKNING.....	18



## **SAMMANFATTNING**

Skador i knäleden hos häst är en vanlig orsak till hälta och/eller nedsatt prestation. En skada på någon av strukturerna i leden leder ofta till instabilitet och minskad kongruens mellan ledytorna och till följd av detta en onormal belastning på leden. Instabilitet i leden kan bidra till att osteoartrit utvecklas. Även osteochondros är en vanlig skada i knäleden som orsakas av en störning i den endochondrala benbildningen. Vid osteoartrit ses röntgenförändringar som osteofyter, subchondral benskleros och minskad ledspringa. Också vid ultraljud kan osteofyter ses, liksom vissa mer omfattande broskdefekter. Även förändringar i ledkapseln kan bedömas med hjälp av ultraljud. Artroskopi är dock den bästa metoden för att utvärdera ledbroskets status.

Knäleden består av tre ledavdelningar. Viss kommunikation kan förekomma mellan dessa, men det varierar mellan olika individer. Likt andra synovialleder består knäleden av ledkapsel, ledvätska, ledbrosk och subchondralt ben. Dessutom omges leden av kollateralligament, patellarligament och korsband som bidrar med stabilitet och menisker som bidrar med stötdämpning och tryckutjämning samt skapar kongruens mellan ledytorna.

Korrekt diagnostik och behandling i ett tidigt skede förbättrar prognosen vid skador i knäleden. De senaste åren har diagnostiken av bakknä hos häst förbättrats, och därmed även den växande förståelsen för knäledens kliniska betydelse vid hälta. De diagnostiska metoder som idag används är röntgen, ultraljud och artroskopi. Alla dessa har vissa begränsningar men även förtjänster när de jämförs med varandra. På människa används MRI i stor utsträckning, något som inte är rimligt att genomföra i samma utsträckning på häst, då knäleden omges av en stor muskelmassa och har en svår anatomisk placering.

Röntgen används främst för att diagnosticera skelettförändringar som frakturer, fissurer, osteofyter, enteseofyter och skleros men även mer omfattande och kroniska mjukdelsskador kan ses radiologiskt. Ultraljud lämpar sig bäst för diagnostik av mjukdelar som senor, ligament och i viss mån ledbrosk. Även benytor kan utvärderas med hjälp av ultraljud, medan det kompakta och trabekulära benet endast kan ses vid röntgenundersökning. Artroskopi anses vara ”gold standard” för diagnostik av knäleden hos häst, trots att även denna metod har vissa begränsningar. Artroskopi är framförallt användbart för att visualisera broskdefekter, skador på korsband och menisker. Vid artroskopi är det även möjligt att behandla vissa typer av skador på exempelvis brosk, menisker och ligament.

Studier har gjorts där de diagnostiska metoderna har jämförts med varandra, både när det kommer till vilka strukturer som kan identifieras, men också deras förmåga att detektera skador i dessa strukturer. Även bedömningar som olika veterinärer/bilddiagnostiker gör utifrån samma material har studerats. Här visades att även erfarna bilddiagnostiker gör olika bedömning, både när det kommer till förekomst av lesioner och omfattningen av dessa. Ingen av metoderna kan ensam utvärdera hela knät och detektera all patologi, men tillsammans kan de ge en bra helhetsbild av knäleden hos häst.

## **ABSTRACT**

Injuries of the equine stifle is a common reason for lameness and reduced performance in the horse. An injury at any given structure in the stifle often leads to instability and decreased congruence between the synovial surfaces. The instability of the joint can initiate the development osteoarthritis. Osteochondrosis is another common disease in the stifle, and is caused by a defect in the endochondral ossification. Osteophytes, subchondral sclerosis and a narrowed joint space are commonly seen radiographically in horses with osteoarthritis. Osteophytes can also be seen ultrasonographically, as well as more severe defects in the articular cartilage. Also changes in the joint capsule can be seen with ultrasound. Arthroscopy remains the best method for evaluating changes in the articular cartilage that occur during osteoarthritis and osteochondrosis.

The stifle consists of three joint departments, which there can occur some degree of communication between, although it varies between individuals. Just like any other synovial joint, the stifle consists of a joint capsule, synovial fluid, articular cartilage and subchondral bone. Furthermore, collateral ligaments, patellar ligaments and cruciate ligaments encloses the joint and contribute to stability. The meniscus contribute with shock absorption and creates congruency between the synovial surfaces.

A correct diagnose as well as treatment in the early disease process improves the prognosis when an injury has occurred. Over the last years the diagnostics of the stifle has improved, along with the growing understanding of the stifle joints clinical significance in the lame horse. The most used diagnostic methods is radiology, ultrasonography and arthroscopy. All of those diagnostics have limitations as well as advantages if compared to each other. In humans the use of MRI for diagnose of knee pathology is commonly used, which would not be quite reasonable in the horse considering the amount of muscle tissue surrounding the equine stifle, as well as its complicated anatomical placing.

Radiology is used for diagnosing skeletal changes, like fractures, fissures, osteophytes, enthesophytes and sclerosis but also severe and chronic soft tissue injuries can be detected radiographically. Ultrasound is best suited for diagnostics of soft tissues, like tendons, ligaments and to some extent cartilage. Moreover, osteal surfaces can be evaluated with ultrasound, while the compact and trabecular bone only can be evaluated radiographically. Arthroscopy is considered the gold standard diagnostic instrument for the equine stifle joint, although even this method has its drawbacks. Arthroscopy is mainly useful in visualization of defects in the articular cartilage, meniscal injuries and injuries to the cruciate ligaments. When performing an arthroscopy it is also possible to debride some types of injuries in the cartilage, meniscus and ligaments.

Studies have shown differences between the diagnostic methods in their ability to detect injuries in the different structures of the stifle, as well as intraobserver variability. Also well experienced veterinarians happen to make different judgement in presence and extent of injuries, both radiographically and ultrasonographically. None of the diagnostic methods is fully capable of evaluating the entire stifle, but together they contribute to a comprehensive picture of the equine stifle.

## INLEDNING

Traumatiska och kroniska skador i bakknä utgör en vanlig orsak till hälta hos häst (Ashdown & Done, 2012). Knäleden, som är en stor led med högt rörelseomfång, är en av de mest komplexa lederna hos häst (De Lasalle *et al.*, 2016). I femoropatellarleden och femorotibialleden ingår ett stort antal strukturer som alla kan skadas och ge upphov till hälta och nedsatt prestation (Hoegaerts *et al.*, 2005). Under de sista 10-15 åren har mer vikt lagts på betydelsen av hälta från bakknä och patologin bakom hältan. En sannolik anledning är att möjligheten till korrekt diagnostik ökar i takt med den diagnostiktekniska utvecklingen (Clegg, 2006). Ju tidigare en korrekt diagnos kan ställas, desto bättre anses prognosen vara (De Lasalle *et al.*, 2016). Hos häst är osteoartrit vanligt förekommande i knäleden, liksom i många andra synovialleder (Ashdown & Done, 2012). Även osteochondros och subchondrala cystliknande lesioner hör till vanliga patologiska förändringar i bakknän (McIlwraith *et al.*, 2015).

Knäledens placering och dess stora omgivande muskelmassa gör det svårare att utvärdera knäleden bilddiagnostiskt jämfört med de mer distalt belägna lederna. Idag används röntgen, ultraljud och diagnostisk artroskopi frekvent i diagnostiken, medan tillgången på magnetisk resonanstomografi (MRI) och Datortomografi (CT) är begränsad (McIlwraith *et al.*, 2015). Dessutom försvårar knäledens anatomiska placering användandet av MRI och CT (Clegg, 2006).

Böjprov och ledanestasier används som första steg för att diagnosticera hälta från knäleden men för att få en bättre uppfattning om orsaken till smärtan används bilddiagnostik som är mer precis än enbart en diagnostik bedövning (McIlwraith *et al.*, 2015).

Syftet med denna litteraturstudie är att beskriva knäledens anatomi, översiktligt beskriva synovialledens anatomi och fysiologi, samt de vanliga ledproblemen osteoartrit och osteochondros och därutöver jämföra begränsningar och förtjänster hos de olika diagnostiska metoderna röntgen, ultraljud och artroskopi, när det kommer till att diagnosticera patologi i knäleden hos häst. CT och MRI tas inte upp i detta arbete då dessa metoder ännu inte finns tillgängliga för användning i någon större utsträckning.

## MATERIAL OCH METODER

Sökning gjordes i Web of Science och Pubmed. Sökord var:

- Equine OR horse\* AND stifle
- Osteoarthritis OR OA
- Equine AND osteoarthritis OR OA
- Equine OR horse\* AND Osteochondrosis
- Equine OR horse\* AND stifle AND diagnostics OR diagnostic methods
- Equine OR horse\* AND stifle AND ultrasonography OR ultrasound
- Equine OR horse\* AND stifle AND arthroscopy
- Equine OR horse\* AND stifle AND radiography



Referenser från de artiklar som hittats vid litteratursökningen har också använts. De studier som inte var möjliga att få tag på uteslöts. Förutom artiklar från ovanstående databaser har även böcker använts, främst *Joint Disease in the Horse* av McIlwraith, C.W., Frisbie, D.D., Kawcak, C. & van Weeren, R. (2015).

## LITTERATURÖVERSIKT

### Knäledens anatomi

Knäleden utgörs av femoropatellarleden och femorotibialleden (König *et al.*, 2014). Leden delas in i tre avdelningar, laterala och mediala femorotibialleden, samt femoropatellarleden. (McIlwraith *et al.*, 2015). Femoropatellarleden bildas mellan femurs trochleor (*trochlea ossis femoris*) (Constantinesco *et al.*, 2012) och patella. Femorotibialleden bildas mellan femurkondylerna och proximala tibia. Kommunikation mellan de olika ledavdelningarna sker i viss utsträckning, men varierar mellan individer (Ashdown & Done, 2012). Till följd av att ledytorna mellan femur och tibia inte helt passar ihop finns en menisk mellan respektive femurkondyl och tibia (*meniscus lateralis et medialis*) (König *et al.*, 2014). Ledbrosket i knäleden kan vara upp till 3-4 mm tjockt hos en vuxen häst (Ashdown & Done, 2012).

### Menisken

Meniskerna har i knäleden en viktig biomekanisk funktion genom att de skapar kongruens mellan femur och tibia. De fungerar som tryckutjämnare i leden och stötdämpning för ledbrosket. Menisken har ett tätt matrix, främst bestående av kollagen typ I, men även en mindre mängd proteoglykaner. Meniskerna fäster in via meniskligamenten i femur och tibia (Walmsley, 2005). De craniala ligamenten, *ligamentum tibiale craniale menisci lateralis et medialis*, sträcker sig från respektive menisks craniala del till tibias laterala respektive mediala interkondylära eminentia. *Ligamentum tibiale caudale menisci lateralis et medialis* är de caudala ligamenten, där det laterala utgår från menisken caudala del och delar upp sig i *ligamentum meniskofemorale*, som har sin infästning proximalt på den bakre delen av *fossa intracondylaris* på femur, och det caudala meniskligamentet som fäster på caudalt mellan tibias kondyler. Den mediala meniskens caudala ligament utgår från meniskens caudala del och fäster in på bakre delen av den mediala interkondylära eminentian på tibia. (König *et al.*, 2014; Walmsley, 2005)

### Femorotibialligamenten

Till femorotibialligamenten hör kollateralligamenten och korsbanden som har till uppgift att stabilisera leden och förhindra rörelse i vissa riktningar. Det laterala kollateralligamentet, *ligamentum collaterale laterale* utgår från femurs laterala epikondyl och delar upp sig i två grenar, en som fäster in på laterala fibula och en gren som fäster in på tibias laterala kondyl. Det mediala kollateralligamentet, *ligamentum collaterale mediale*, har sitt ursprung proximalt på femurs mediala epikondyl och fäster in precis distalt om tibias mediala kondyl. (König *et al.*, 2014; Walmsley, 2005).

I knäleden finns två korsband, ett cranialt och ett caudalt, *ligamentum cruciata genus cranialis et caudalis*. Dessa har till uppgift att stabilisera ledens rörelse. Det främre korsbandet har sitt ursprung medialt mellan femurkondylerna och sträcker sig craniodistalt med fäste craniolateralt på *eminentia tibia*. Det bakre korsbandet ursprungar craniomedialt mellan femurkondylerna och sträcker sig caudodistalt och fäster in på *incisura poplitea*, caudalt mellan tibias kondyler. Korsbanden ligger extrasynovialt (Walmsley, 2005, McIlwraith *et al.*, 2015).

### **Patellarligamenten**

Hos häst finns tre patellarligament, *ligamentum patellare laterale, intermediale* och *mediale*. Dessa sträcker sig från patella med infästning på tibia. Det laterala patellarligamentet utgår craniolateralt från patella och fäster in craniolateralt på *tuberositas tibiae*. Det mittersta patellarligamentet sträcker sig från patellas spets till den distala delen av *sulcus tuberositas tibiae*, medan det mediala patellarligamentet fäster in mediallyt på *sulcus tuberositas tibiae*. (König *et al.*, 2014; Walmsley, 2005). Utöver det tre patellarligamenten som fäster på tibia finns ett lateralt och ett mediallyt ligament som sträcker sig från patella till femur, *ligamentum femoropatellare laterale et mediale*. Dessa utgår från patellas laterala respektive mediala del och fäster in i den laterala respektive mediala epikondylen. (König *et al.*, 2014).

## **Ledens fysiologi**

### **Synovialleden**

Grundstrukturen är liknande i alla synovialleder med trabekulärt ben, subkondralt ben, ledbrosk, ledhåla med ledvätska, synovialmembran och ledkapsel, samt periartikulära sidoligament och senor som bidrar till stabilitet och hindrar rörelse i vissa riktningar. (McIlwraith *et al.*, 2015).

### **Ledkapseln**

Ledkapseln består av två lager, ett yttre fibrinöst och ett inre synovialt membran mot ledhålan. Det yttre lagret är uppbyggt av en stram, fibrös vävnad som ofta är tätt sammankopplad med periartikulära strukturer som kollateralligament och bidrar till stabilitet. Det inre, synoviala membranet delas in i ytterligare två lager: *intima synovialis* och *stratum subsynoviale*. Subintiman är uppbyggd av lucker bindväv och är rikt kärlförsörjd. Intiman bekläder ledhålan och innehåller två typer av synoviocyter, typ A som har en fagocyterande funktion och typ B som producerar samt utsöndrar proteiner (König *et al.*, 2014).

### **Ledbrosket**

Ledbrosket består av celler, chondrocyterna och en specialiserad bindväv, det extracellulära matrixet (ECM), som täcker ledytan och har vikt bärande egenskaper genom att motstå tryck och dragkrafter. Ledbrosket består framförallt av kollagen typ II som ger draghållfasthet till brosket, och proteoglykaner som är den vikt bärande komponenten (Skiöldebrand, 2004). Brosket kan delas in i fyra zoner: ytlig-, intermediär och djup zon, samt det subchondrala benet. (McIlwraith *et al.*, 2015). Varje lager har olika biokemisk sammansättning och struktur. I det övre lagret är chondrocyterna ovala och är orienterade parallellt med ledytan. I mellanlagret är chondrocyterna större, runda och mer utspridda, antingen ensamma eller i små laguner. (Skiöldebrand, 2004). I djupa zonen är chondrocyterna arrangerade i kolumner, vinkelrätt orienterade mot subchondrala benet. Det djupa lagret skiljs från det kalkifierade lagret genom histologiskt synlig linje, så kallad tidemark (McIlwraith *et al.*, 2015).

Chondrocyten är den enda celltypen i normalt ledbrosk och producerar alla komponenter i ECM. ECM består till största delen av vatten, kollagen och proteoglykaner. Vattenhalten

varierar mellan 70-80%. Kollagen II finns i störst mängd i broskets övre del (mot ledhålan) och är uppbyggt av tre identiska proteiner som tillsammans bildar en trippelhelix. Dessa ansamlas i stora fibrillära strukturer jämförbara med armeringsjärn. Proteoglykaner är näst kollagen II en stor komponent i ECM. Dessa ligger insprängda mellan kollagenfibrillerna och binder in till hyaluronmolekyler (McIlwraith *et al.*, 2015).

Det adulta broskets reparationsförmåga är begränsad och ofta bristfällig. Vid omfattande skador är det vanligt att brosket ersätts av fibrös bindväv. Den låga regenerationskapaciteten beror delvis på att ledbrosk saknar egen blodförsörjning (Mescher, 2013).

### **Ledvätskan**

Ledvätskan består av ett ultrafiltrat av blodplasma (McIlwraith *et al.*, 2015) och innehåller hyaluron, socker, elektrolyter och enzymer (König *et al.*, 2014). Hyaluron produceras av synoviocyterna och gör ledvätskan viskös samt bidrar med en stöddämpande funktion. Utbyte mellan blodplasma och ledvätska sker med hjälp av det hydrostatiska och kolloidosmotiska trycket vid belastning och avlastning av ledbrosk vilket möjliggör för näringsämnen att strömma in och slaggprodukter att strömma ut. Detta är en viktig funktion då det adulta brosket saknar kärlförsörjning. (McIlwraith *et al.*, 2015)

### **Subchondrala benet**

Det subchondrala benet binds ihop med det hyalina brosket via den kalcifierade broskzonen och har en stödjande funktion för brosket. Närmast det kalcifierade brosket består det subchondrala benet av ett lager kompakt ben som övergår i trabekulärt ben. Det kompakta benet kan vara så tunt som 10 µm, men kan i exempelvis tibiaplatån bli så tjockt som 3 mm. (McIlwraith *et al.*, 2015). Benet är organiserat i lameller som kan vara parallella i förhållande till varandra, eller i koncentriska ringar runt en centralkanal. (Mescher, 2013). Till skillnad från brosk är benet rikligt kärlförsatt och en vävnad med hög metabol aktivitet. Benet anpassar sig efter den belastning det utsätts för och upprepad, hög belastning leder till en förtjockning av det underliggande benet och ses som skleros på röntgen. (McIlwraith *et al.*, 2015).

## **Sjukdomar i knäleden**

### **Osteoartrit (OA)**

Osteoartrit är en låggradig inflammatorisk sjukdom som långsamt kan progrediera till kronisk hälta (McIlwraith *et al.*, 2015). OA kan uppstå vid normal belastning på en onormal led, eller onormal belastning på en normal led (McIlwraith *et al.*, 2012). Sjukdomen OA innebär en destruktion av ledbrosket och skleros av det subchondrala benet, med eller utan mikrofrakturer, och kan uppstå efter akut trauma eller vid upprepad belastning eller överbelastning (Skiöldebrand 2004). OA kan börja i såväl synovialmembranet, den fibrösa ledkapseln, subchondrala benet, ligament eller ledbrosket, alternativt i kombination med två eller fler av de nämnda. (McIlwraith *et al.*, 2012). Vid OA ses förändringar i leden i form av minskad ledspringa, broskskador, skleros och osteofyter (McIlwraith *et al.*, 2012).

Osteochondros och trauma kan ge upphov till OA i bakknä. Mjukdelsskador på exempelvis kollateralligamenten eller korsbanden gör att leden blir instabil. Även meniskskador är en känd orsak till OA, samt subchondrala cystor/subchondrala cystlika lesioner (De Lasalle *et al.*, 2016).

### **Osteochondrosis (dissecans) (OC(D))**

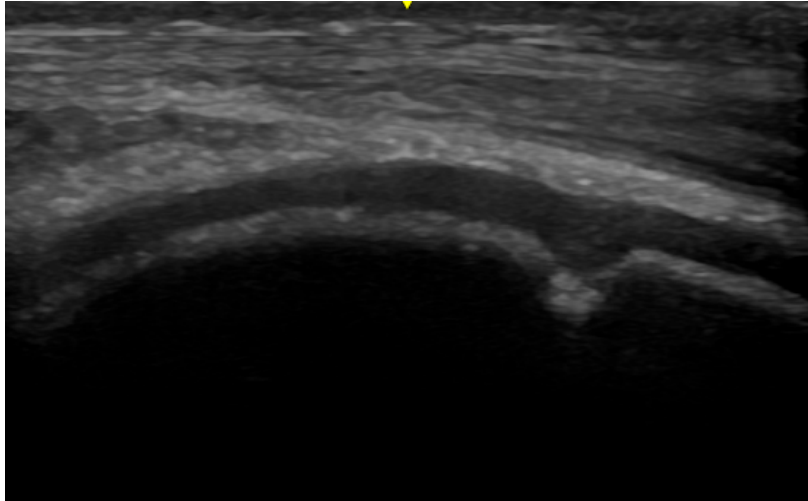
Osteochondros kan förekomma i de flesta leder, men ses oftast i knäled, hasled och kotled hos häst. I knäleden ses osteochondrala lesioner framförallt på femurs trochleor (Beccati *et al.*, 2013), med den laterala femurtrochlean som predilektionsställe. Osteochondros kan också uttryckas som subchondrala cystor i mediala femurkondylen. (McIlwraith *et al.*, 2015). Patogenesen bakom OC är en defekt i den endochondrala ossifikationen. Till skillnad från ledbrusket finns kanaler i tillväxtbrusket som tillåter den kärlnväxt som krävs för att försörja benet med näring under ossifikationen. I vissa fall kan dessa kärl slutas för tidigt och blodtillförseln till tillväxtbrusket stryps med nekros av tillväxtbrusket som följd (Ytrehus *et al.*, 2007). Det nekrotiska brusket är svagare än den normala vävnaden och känsligt för trauma (Ekman & Carlson, 1998; Jeffcott, 1991). Bruskbitar kan även lossna (OCD), vilket kan leda till inkongruens i leden. Nekrosen kan ge lösa brosklock som ger kliniska symtom i form av håla och ledsvullnad (Laverty *et al.*, 2002).



*Bild: osteochondros i knäled hos föl. Foto: C. Frisch*

### **Subchondrala cystlika lesioner (SCL)**

Subchondrala cystlika lesioner är den vanligaste defekten som ses radiologiskt, och då oftast på mediala femurkondylen (Clegg, 2006). SCL kan hos unga hästar vara ett resultat av onormal endochondral ossifiering och klassas då, enligt McIlwraith *et al.*, (2015), som en form av osteochondros. Förvärvad SCL kan uppstå hos äldre individer, till exempel vid direkt trauma på det subchondrala benet. Denna typ av SCL kan även drabba tibia, men det är mindre vanligt (McIlwraith *et al.*, 2015). Enligt (Hendrix *et al.*, 2010) kan trauma som omfattar det subchondrala benet leda till utveckling av SCL, medan en skada som enbart drabbat brosket inte skulle leda till SCL.



*SCL på mediala femurkondylen. Bild: C. Frisch/Scandinavian Equine Clinics.*

## **Diagnostiska metoder**

Diagnostik av knäleden hos häst begränsas av ledens storlek och anatomi (Walmsley *et al.*, 2005). Den diagnostik som används mest frekvent idag är böjprov, diagnostiska bedövningar, röntgen, ultraljud samt artroskopi. En diagnostisk bedövning är i stort sett alltid första steget i utredningen, för att säkerställa att hältan orsakas av smärta i bakknät. Efter konfirmation med hjälp av diagnostisk anestesi kan diagnostiken fördjupas ytterligare med hjälp av bilddiagnostik. (McIlwraith *et al.*, 2015).

### **Röntgen**

Röntgenstrålning består av elektromagnetisk strålning med hög energi. En bild skapas genom att olika vävnader absorberar olika mycket strålning, till exempel absorberar ben mer strålning än luft. Till följd av detta blir bilden ljusare ju mer av strålningen vävnaden absorberar. Som exempel kan ges att fett absorberar strålningen i väldigt låg grad och lämnar en svart bild på röntgen, medan muskelvävnad och framförallt ben absorberar mer och ger en vitare bild (Butler *et al.*, 2016).

### **Ultraljud**

Vid ultraljud används ekoteknik som innebär att en högfrekvent ljudvåg skickas in i vävnaden och en bild skapas av ekot. Olika vävnader ger olika eko beroende på dess arkitektur (McIlwraith *et al.*, 2016). Strukturer som ben har hög ekogenicitet, vilket gör att i stort sett inga ljudvågor penetrerar benet. Även luft reflekterar tillbaka ljudvågorna i hög grad. Detta innebär att mjukdelsvävnader som befinner sig bakom ben eller luft inte kan ses med ultraljudsdiagnostik (Kidd *et al.*, 2014).

### **Artroskopi**

Artroskopi används idag mer eller mindre rutinmässigt för diagnostik, att avlägsna fragment, åtgärda broskdefekter och upptäcka samt åtgärda subchondrala cystor. (McIlwraith *et al.*, 2015). Vid artroskopi av bakknä görs två eller flera portaler, beroende på syftet med

operationen. Via portalerna kan artroskop föras in och leden med dess strukturer kan utvärderas. Även instrument kan föras in och med guidning av artroskopet kan defekter åtgärdas (Adrian *et al.*, 2016).

### Studier jämförande diagnostiska metoder för patologiska förändringar i bakknä

I en studie av Beccati *et al.*, (2013) jämfördes överensstämmelse mellan ultraljud och röntgen i förmåga att detektera osteochondrala lesioner på femurtrochleorna. Artroskopi användes som ”gold standard” i avgörandet om resultat från de bildiagnostiska undersökningarna var sanna. 22 hästar och totalt 36 knäleder inkluderades i studien. Av dessa hade 31 leder lesioner på den laterala femurtrochlean, 8 leder hade lesioner på den mediala femurtrochlean och 7 leder hade lesioner mellan trochleorna, i *sulcus trochlearis*. Två personer, en radiolog och en kirurg, utvärderade röntgenbilderna, och två personer, en bildiagnostiker inom ultraljud samt en student, genomförde samt bedömde ultraljudsundersökningarna. Resultat redovisas i tabell 1-3.

Tabell 1: *Osteochondrala lesioner i laterala femurtrochlean (Beccati et al., 2013)*

Lateral trochlean	Radiolog	Kirurg	Ultraljud, ”expert”	Ultraljud, student
Sant positiv lesion	26	31	31	31
Sant negativ lesion	5	5	2	2
Falskt positiv lesion	0	0	2	2
Falsk negativ lesion	5	0	0	0

Tabell 2: *Osteochondrala lesioner i mediala femurtrochlean (Beccati et al., 2013)*

Medial trochlean	Radiolog	Kirurg	Ultraljud, ”expert”	Ultraljud, student
Sant positiv lesion	7	5	8	8
Sant negativ lesion	25	24	23	22
Falskt positiv lesion	3	4	5	6
Falsk negativ lesion	1	3	0	0

Tabell 3: *Osteochondrala lesioner i mediala femurtrochlean (Beccati et al., 2013)*

<i>Sulcus trochlearis</i>	Radiolog	Kirurg	Ultraljud, "expert"	Ultraljud, student
Sant positiv lesion	0	0	4	3
Sant negativ lesion	27	29	27	27
Falskt positiv lesion	2	0	2	2
Falsk negativ lesion	7	7	3	4

I denna studie var ultraljud bättre än röntgen för att bedöma omfattningen av osteochondrala lesioner. Dessutom var ultraljud bättre för diagnostik av *sulcus trochlearis*, där varken radiologen eller kirurgen korrekt kunde detektera någon lesion på röntgen. Dock missade även ultraljudsoperatörerna några av dessa lesioner. Generellt bedömdes färre leder som falskt positiva för lesioner utifrån röntgen än vid ultraljud. Med ultraljud å andra sidan, sågs färre falskt negativa resultat. Röntgen hade högre specificitet medan ultraljud hade högre sensitivitet i denna studie.

Bourzac *et al.*, (2009) gjorde en liknande jämförande studie mellan ultraljud och röntgen för diagnostik av OCD i femoropatellarleden. Även här användes artroskopi som "gold standard" för att konfirmera de bildiagnostiska fynden. I vissa fall ersattes artroskopi av obduktion. Röntgenbilder utvärderades av en radiolog och ultraljudsundersökningarna utfördes enbart av en person. I studien ingick 21 hästar och totalt 32 leder. Samtliga 21 hästar hade röntgenavvikelser, och totalt 30 av de 32 lederna bedömdes som onormala. Resultat redovisas i tabell 4.

Tabell 4: *Osteochondrala lesioner i laterala respektive mediala femurtrochlean (Bourzac et al., 2009)*

	Röntgen	Ultraljud	Artroskopi /obduktion
Laterala trochlean			
n=	32	32	18
lesioner	29	31	18
Mediala trochlean			
n=	32	32	18
Lesioner	5	8	3



Artroskopi/obduktion utfördes endast på 15 respektive 3 leder i studien. Av de 18 leder som undersöktes med artroskopi/obduktion konfirmerades samtliga lesioner som setts med ultraljud och det förekom inga falskt positiva resultat. Däremot sågs en lesion på laterala femurtrochlean i en led, som varken setts vid röntgen- eller ultraljudsundersökning. Med röntgen identifierades 1 lesion som inte sågs på ultraljud, medan det med ultraljud identifierades 2 respektive 3 lesioner på laterala respektive mediala femurtrochlean som inte identifierades med röntgen. Också i denna studie hade ultraljud högre sensitivitet än röntgen. Sensitiviteten för röntgen var bättre på laterala femurtrochlean än på mediala femurtrochlean. Både röntgen och ultraljud hade en specificitet på 100%, med undantag för mediala femurtrochleans distala del, där specificiteten med ultraljud var 94%.

Nelson *et al.*, (2016) gjorde en studie där de jämförde röntgen, ultraljud, CT/CTA och artroskopi som diagnostiska metoder. Då de ansåg att ingen av metoderna kunde anses som "gold standard" jämfördes alla metoder med varandra. 24 hästar och 25 leder inkluderades i studien. Resultat redovisas i tabell 5.

Tabell 5: Områden undersökta och antal defekter funna vid respektive diagnostisk undersökning (Nelson *et al.*, 2016)

Förändring	Ultraljud	Röntgen	Artroskopi
Osteofyter	24/25	16/24	0
Desmopati craniala, mediala meniskotibialligamentet	5/22	Kan inte ses	14/25
Enteseopati craniala, mediala meniskotibialligamentet	7/25	1/25	Kan inte ses
Desmopati craniala, laterala meniskotibialligamentet	Undersöktes ej	Kan inte ses	2/21
Enteseopati craniala, laterala meniskotibialligamentet	Undersöktes ej	4/25	Kan inte ses
Mediala mensiken	11/25	2/25	13/25
Desmopati craniala korsbandet	Undersöktes ej	Kan inte ses	3/25
Desmopati caudala korsbandet	Undersöktes ej	Kan inte ses	2/25
Skleros	Kan inte ses	13/25	Kan inte ses
Subchondral bedefekt mediala femurkondylen	11/21	11/25	6/25
Broskdefekt mediala femurkondylen	11/21	Kan inte ses	24/25
Entes ledkapsel	10/23	Kan inte ses	Kan inte ses
Enteseopati ledkapsel	7/22	1/25	Kan inte ses
Desmopati mediala kollateralligamentet	4/24	Kan inte ses	0
Desmopati laterala kollateralligamentet	1	Kan inte ses	Kan inte ses

I studien var artroskopi den bästa metoden för att bedöma ledbrosket, medan röntgen inte kunde användas för bedömning av ledbrosk. Subchondrala bedefekter sågs däremot bäst med röntgen och ultraljud. Detta på grund av att ett intakt överliggande brosk försvårar en artroskopisk utvärdering av det subchondrala benet. Ledkapseln kunde inte bedömas med vare sig röntgen eller artroskopi, däremot var ultraljud en bra metod för diagnostik av ledkapseln. Kollateralligamenten utvärderades bäst med ultraljud och endast det mediala kollateralligamentet kunde ses artroskopiskt. Kollateralligamentet kunde inte ses radiologiskt. Inte heller meniskotibialligamenten kunde bedömas radiologiskt, något som kan göras med ultraljud och vid artroskopi. Artroskopi var den bästa metoden för att utvärdera

meniskotibialligamenten, men enteser på dessa ligament kunde bäst bedömas med ultraljud. Enteser kunde inte bedömas vid artroskopi. I studien utvärderades inte alla strukturer med ultraljud, som exempelvis korsband. Meniskskador kan ses både med ultraljud och vid artroskopi, men beroende på skadans lokalisering är metoderna olika bra. Endast 3 av meniskskadorna som sågs vid artroskopi sågs med ultraljud. Ultraljud är en bättre metod för att detektera intrasubstantiella skador (Nelson *et al.*, 2016)

I en studie av Adrian *et al.*, (2016) jämfördes diagnostik med ultraljud och artroskopi. 47 knäleder på 37 hästar utvärderades retrospektivt. Resultat redovisas i tabell 6.

Tabell 6: Skador på strukturer, detekterade med enbart ultraljud, enbart vid artroskopi samt vid båda undersökningarna (Adrian *et al.*, 2016).

Plats	Antal knän utvärderade	Enbart ultraljud	Enbart artroskopi	Både ultraljud och artroskopi
Mediala menisken	47	13	3	9
Laterala menisken	34	2	3	1
Meniskotibialligament, infästning	25	1	2	-
Meniskotibialligament	29	1	9	1
Brosk, mediala femurkondylen	27	-	21	2
Subchondralt ben, mediala femurkondylen	27	4	4	11
Subchondralt ben, laterala femurkondylen	2	-	2	-
Osteofyter, mediala femurkondylen	18	14	-	1
Mediala patellarligamentet	36	5	-	-
Mittersta patellarligamentet	41	2	-	-

Denna studie visade på att patellarligament enbart kan undersökas och bedömas med ultraljud. Ultraljud detekterade i denna studie fler meniskskador, samt var bättre för att detektera osteofyter. Artroskopi var även i denna studie en bättre metod för att detektera broskskador. Båda metoderna var ungefär lika bra för att detektera defekter i subchondrala benet på mediala femurkondylen, men artroskopi var bättre för att bedöma laterala femurkondylen.

(Steinheimer *et al.*, 1995) gjorde en retrospektiv studie där subchondrala benförändringar i femoropatella- och femorotibialleden jämfördes mellan röntgen och artroskopi. 50 hästar och totalt 72 leder undersöktes. Röntgenbilderna utvärderades av tre olika personer, och även överensstämmelse i bedömning av förekomst samt gradering av allvarlighetsgrad av lesioner

mellan observatörer utvärderades. I 53% av fallen överensstämde graderingen av röntgenbilderna mellan samtliga radiologer, och i ytterligare 39% hade 2 av 3 graderat likadant. 40% av de röntgenbilder som bedömdes utan fynd avseende femoropatellaleden bedömdes positiva vid artroskopi. På mediala femurkondylen bedömdes 4 leder vara normala på röntgen, men två av dessa befanns vara artroskopiskt positiva. Tre av de radiologiskt positiva femoropatellarlederna var negativa vid artroskopi, och 1 radiologiskt positiv lesion på mediala femurkondylen var negativ vid artroskopi.

### **Begränsningar i förmåga att identifiera olika strukturer hos de diagnostiska metoderna**

(Hoegaerts *et al.*, 2005) gjorde en studie i vilka strukturer av mediala femorotibialleden som kan undersökas med hjälp av ultraljud. På stående häst och med en medial approach kunde mediala kollateralligamentet, mediala menisken och mediala femorotibialledens ledficka ses. Vid en caudal approach kunde caudala korsbandets infästning, caudala delen av mediala femurkondylen, synovialmembranet och mediala femurkondylens caudala ledficka identifieras. På böjt ben kunde följande strukturer ses: mediala femurkondylens belastningsyta, mediala meniskens craniala del, de craniala meniskotibialligamenten, craniala korsbandets infästning på tibia, och caudala korsbandens infästning på femur. På mediala femurkondylen kunde brosk samt subchondralt ben utvärderas. De caudala meniskotibialligamenten kunde inte ses, och inte heller de mellersta delarna av de båda korsbanden.

I en studie av (Barrett *et al.*, 2012) undersöktes begränsningarna inom ultraljud och artroskopi av femorotibialleden. I mediala femurkondylen kunde hela menisken ses med ultraljud, medan visualiseringen av den vid artroskopi var begränsad. Menisken kunde då ses från dess craniala del fram till kollateralligamentets caudala gräns. Dock kunde den caudala delen av menisken ses bättre artroskopiskt vid en mer caudal approach. Enbart den övre tredjedelen till övre halvan av menisken kunde ses av den abaxiala gränsen. Hela det craniala meniskotibialligamentet kunde ses med ultraljud, medan infästningen av ligamentet inte kunde ses med artroskopi. Hela mediala kollateralligamentet kunde ses med ultraljud. Vid artroskopi kunde ligamentet ses distalt om ursprunget på femur och ned till höjd med menisken. Det craniala korsbandet kunde ses i sin helhet vid artroskopi, men med ultraljud kunde endast den distala tredjedelen ses, och då inte heller infästningen på tibia. Den laterala menisken, liksom dess craniala meniskotibialligament kunde ses vid ultraljud, medan möjligheten att med artroskop utvärdera laterala menisken var mer begränsad än den mediala. Det laterala kollateralligamentet kunde ses vid ultraljud, men inte med artroskopi. Laterala meniskens caudala del kunde, precis som i fallet med den mediala, ses artroskopiskt via en mer caudal approach.

(De Lasalle *et al.*, 2016) gjorde en deskriptiv *ex vivo* studie där diagnostik av osteoartrit i knäleden jämfördes mellan röntgen, ultraljud, CT samt makroskopisk utvärdering. 15 områden utvärderades för förekomst av osteofyter (proximala patella, distala patella, mediala patella, laterala femurepikondylen, laterala femurkondylen, laterala femurtrochlean, mediala femurtrochlean, mediala femurepikondylen, mediala femurkondylen, laterala tibiaplatån, laterala och mediala interkondylära eminentian, mediala tibiaplatån, craniala tibia och interkondylära fossan (*fossa intercondylaris*)). Av dessa kunde tre platser inte bedömas med ultraljud (interkondylära fossan samt mediala och laterala eminentiorna). Makroskopiskt kunde inte laterala och mediala femurepikondylen eller craniala tibia bedömas på grund av mjukdelars

infästning. Samtliga områden kunde bedömas radiologiskt. Osteofyter graderades också efter svårighet, där de generellt bedömdes högre vid ultraljud än röntgen på mediala femurtrochlean och mediala femurkondylen.

(Clegg, 2006), beskriver SCL som det vanligaste röntgenfyndet. Mjukdelsskador ses på röntgen om det bildats enteseofyter vid till exempel kollateralligamentens infästning. Även omfattande akuta skador på exempelvis kollateralligament kan ses radiologiskt. Vid kroniska skador kan mineraliseringar i mjukdelsvävnader uppstå som även dessa kan ses radiologiskt. Sensitiviteten för röntgen är låg för menisk- och ledbrossskador. Med ultraljud kan däremot meniskskador diagnosticeras med större säkerhet, även om subtila skador riskerar att missas. Även Clegg anser artroskopi vara ”gold standard” vid diagnostik av bakknä, trots att det inte är möjligt att undersöka hela menisken och leden. Däremot anser Clegg att artroskopi är en bra metod för att identifiera meniskskador, skador på meniskernas ligament, korsbandsskador, brossskador och broskdefekter, SCL samt intraartikulära frakturer.

## DISKUSSION

Det finns egentligen ingen given metod som kan anses vara ”gold standard” för diagnostik av patologiska förändringar i bakknä på häst (Adrian *et al.*, 2016), vilket försvårar värderingen av de olika metoderna. I studien av (Beccati *et al.*, 2013) användes artroskopi som ”gold standard”, och 2 leder bedömdes som falskt positiva för lesioner med ultraljud, då dessa inte kunde ses vid artroskopi. Författarna menar att det är möjligt att vissa lesioner som syns på ultraljud skulle kunna vara avläkta lesioner som inte ses artroskopiskt, men kan detekteras med ultraljud. Det är också möjligt att ultraljud är känsligare för vissa typer av lesioner, och att små förändringar som inte kan ses med artroskopi ses med ultraljud. I studien av (Nelson *et al.*, 2016), gjordes en omfattande jämförelse mellan olika diagnostiska modaliteter, där ingen metod utsågs till ”gold standard”. Alla modaliteter jämfördes istället med varandra. I detta fall är det möjligt att det förekom falskt positiva fall av defekter/förändringar vid undersökningar med samtliga modaliteter, något som i studien inte tas hänsyn till. I (Bourzac *et al.*, 2009) sågs inga falskt positiva lesioner. I den studien gjordes inte artroskopi/obduktion på alla leder, vilket var en brist i studien. Vidare diskuterar författarna att lesionens storlek kan ha betydelse för om den ses med ultraljud, då en lesion i samma längd som proben lätt kan missas, varför både röntgen och ultraljud bör användas för diagnostik av osteochondros.

Röntgen lämpar sig bäst för att se skelettförändringar, som frakturer, OCD, osteofyter/enteseofyter, men även mjukdelsskador kan indirekt anas genom mineraliseringar i exempelvis ligament, enteseofyter vid ligamentsinfästningar, minskad ledspringa osv. Dock ses detta endast i mer allvarliga fall och mineraliseringar/enteseofyter i kroniska fall (Clegg, 2006; Walmsley, 2005). Med röntgen kan osteofytära förändringar ses till exempel på tibias eminentia, samt enteseofyter vid korsbandens infästningar, som inte är möjligt att se vare sig med ultraljud eller artroskopi. Röntgen är också den enda modaliteten där skleros, som är en del i utvecklingen av OA, kan ses och bedömas.

Med ultraljud kan mjukdelsskador bedömas i betydligt större utsträckning än med röntgen, och mer subtila skador kan ses. Större delen av meniskerna kan bedömas med ultraljud, och ultraljud är den enda av de tre diagnostiska metoderna upptagna i detta arbete som kan

diagnosticera förändringar i ledkapseln. Dessutom kan meniskens substans bedömas, liksom hela kollateralligamenten och patellarligamenten, något som inte är möjligt med vare sig artroskopi eller röntgen (Adrian *et al.*, 2016). Även förändringar i det subchondrala benet kan ses med ultraljud, även om det överliggande brosket är intakt, något som är svårbedömt med artroskopi (Nelson *et al.*, 2016).

Artroskopi anses av vissa författare vara ”gold standard”, även om artroskopi av knäleden hos häst har vissa begränsningar. Hos människa och hund är det möjligt att göra en mer fullständig utvärdering av leden än hos häst, då knäledens kollateralligament och korsband håller ihop leden och försvårar möjligheten att komma åt att undersöka hela leden hos häst (Adrian *et al.*, 2015). De delar av meniskerna som ligger mellan femurs och tibias kondyler kan exempelvis inte undersökas vid artroskopi (Walmsley, 2005). Artroskopi begränsas dessutom till bedömning av ytliga defekter, och en fullständig bild av djupare strukturer i leden kan inte fås. Detta innebär också att det med artroskopi kan vara svårt att bedöma skador i det subchondrala benet om det överliggande brosket är intakt (Nelson *et al.*, 2016). Artroskopi är dock överlägset i diagnostik av broskskador, något som inte kan ses på röntgen, och även ultraljud missar subtila broskdefekter. Dessutom är artroskopi bättre för diagnostik av korsband, och kan även vara känsligare för att upptäcka vissa meniskskador, framförallt de cranialt belägna, liksom skador på meniskotibialligamenten. Artroskopi är även generellt bättre för diagnostik av skador på laterala femurkondylen (Adrian *et al.*, 2015).

I (Bourzac *et al.* 2009), (Beccati *et al.* 2013) samt (Steinheimer *et al.* 1995) undersöktes överensstämmelse i bedömningen som gjordes av olika bilddiagnostiker. Varken radiologer eller ultraljudsoperatörerna gjorde entydiga bedömningar i samtliga fall, vilket tyder på att inte bara den diagnostiska metoden i sig, utan även erfarenhet hos veterinären/bilddiagnostikern har stor betydelse i avgörandet för hur bra resultatet av diagnostiken är.

Ingen av de ovan nämnda diagnostiska metoderna är fulländad eller kan ensam användas för att fullt undersöka hela knäleden, utan en kombination av flera diagnostiska metoder bör tillämpas. Om det säkerställts genom intra-artikulär anestesi att orsaken till hälta hos häst kommer från bakknät, men patologi inte kan detekteras med en diagnostisk metod bör kompletterande diagnostik genomföras.

## LITTERATURFÖRTECKNING

- Adrian, A.M., Barrett, M.F., Werpy, N.M., Kawcak, C.E., Chapman, P.L. & Goodrich, L.R. (2016). A comparison of arthroscopy to ultrasonography for identification of pathology of the equine stifle. *Equine Veterinary Journal*, ss. n/a-n/a.
- Ashdown, R.R., Down, S.H. (2012). *Color Atlas of Veterinary Anatomy*, vol. 2, 2. upplg. Elsevier Ltd. s. 186
- Barrett, M.F., Frisbie, D.D., McIlwraith, C.W. & Werpy, N.M. (2012). The arthroscopic and ultrasonographic boundaries of the equine femorotibial joints. *Equine Veterinary Journal*, 44(1), ss. 57-63.
- Beccati, F., Chalmers, H.J., Dante, S., Lotto, E. & Pepe, M. (2013). Diagnostic sensitivity and intraobserver agreement of radiography and ultrasonography for detecting trochlear ridge osteochondrosis lesions in the equine stifle. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 54(2), ss. 176-184.
- Bourzac, C., Alexander, K., Rossier, Y. & Laverty, S. (2009). Comparison of radiography and ultrasonography for the diagnosis of osteochondritis dissecans in the equine femoropatellar joint. *Equine Veterinary Journal*, 41(7), ss. 686-692.
- Butler, J., Colles, C., Dyson, S., Kold, S. & Poulos, P. (2016). *Clinical radiology of the horse*: John Wiley & Sons.
- Clegg, P. (2006). Clinical aspects of the equine stifle joints Part 2: The femorotibial joint. *Companion Animal*, 11(6), ss. 4-9.
- Constantinesco, G., Habel, R., Hildebrand, A., Sack, W., Schaller, O., Simoens, P. & de Vos, N. (2012). *Illustrated veterinary anatomical nomenclature*. Enke.
- De Lasalle, J., Alexander, K., Olive, J. & Laverty, S. (2016). Comparisons among radiography, ultrasonography and computed tomography for ex vivo characterization of stifle osteoarthritis in the horse. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 57(5), ss. 489-501.
- Ekman, S. & Carlson, C.S. (1998). The Pathophysiology of Osteochondrosis. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 28(1), ss. 17-32.
- Hendrix, S.M., Baxter, G.M., Mc Ilwraith, C.W., Hendrickson, D.A., Goodrich, L.R., Frisbie, D.D. & Trotter, G.W. (2010). Concurrent or sequential development of medial meniscal and subchondral cystic lesions within the medial femorotibial joint in horses (1996–2006). *Equine Veterinary Journal*, 42(1), ss. 5-9.
- Hoegaerts, M., Nicaise, M., van Bree, H. & Saunders, J.H. (2005). Cross-sectional anatomy and comparative ultrasonography of the equine medial femorotibial joint and its related structures. *Equine Veterinary Journal*, 37(6), ss. 520-529.
- Jeffcott, L.B. (1991). Osteochondrosis in the horse — searching for the key to pathogenesis. *Equine Veterinary Journal*, 23(5), ss. 331-338.
- Kidd, J.A., Lu, K.G. & Frazer, M.L. (2014). *Atlas of Equine Ultrasonography*: Wiley. Tillgänglig: <https://books.google.se/books?id=2546AwAAQBAJ>.
- König, H.E., Liebich, H.-G. & Overall, K.L. (2014). Veterinary anatomy of domestic animals. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 245(6), ss. 651-660.
- Laverty, S., O'Kouneff, S., Ionescu, M., Reiner, A., Pidoux, I., Webber, C., Rossier, Y., Billingham, R.C. & Poole, A.R. (2002). Excessive degradation of type II collagen in articular cartilage in equine osteochondrosis. *Journal of Orthopaedic Research*, 20(6), ss. 1282-1289.
- McIlwraith, C.W., Frisbie, D.D. & Kawcak, C.E. (2012). The horse as a model of naturally occurring osteoarthritis. *Bone and Joint Research*, 1(11), ss. 297-309.
- McIlwraith, C.W., Frisbie, D.D., Kawcak, C.E. & van Weeren, R. (2015). *Joint disease in the horse*: Elsevier Health Sciences.
- Mescher, A.L. (2013). *Junqueira's basic histology: text and atlas*: Mcgraw-hill.
- Nelson, B.B., Kawcak, C.E., Goodrich, L.R., Werpy, N.M., Valdes-Martinez, A. & McIlwraith, C.W. (2016). Comparison between computed tomographic arthrography, radiography, ultrasonography and arthroscopy for the diagnosis of femorotibial joint disease in western performance horses. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 57(4), ss. 387-402.
- Skiöldebrand, E. (2004). Studies of articular cartilage macromolecules in the equine middle carpal joint, in joint pathology and training 176).

- Steinheimer, D.N., McIlwraith, C.W., Park, R.D. & Steyn, P.F. (1995). Comparison of radiographic subchondral bone changes with arthroscopic findings in the equine femoropatellar and femorotibial joints: a retrospective study of 72 joints (50 horses). *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 36(6), ss. 478-484.
- Walmsley, J.P. (2005). Diagnosis and treatment of ligamentous and meniscal injuries in the equine stifle. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 21(3), ss. 651-672.
- Ytrehus, B., Carlson, C.S. & Ekman, S. (2007). Etiology and Pathogenesis of Osteochondrosis. *Veterinary Pathology*, 44(4), ss. 429-448.