

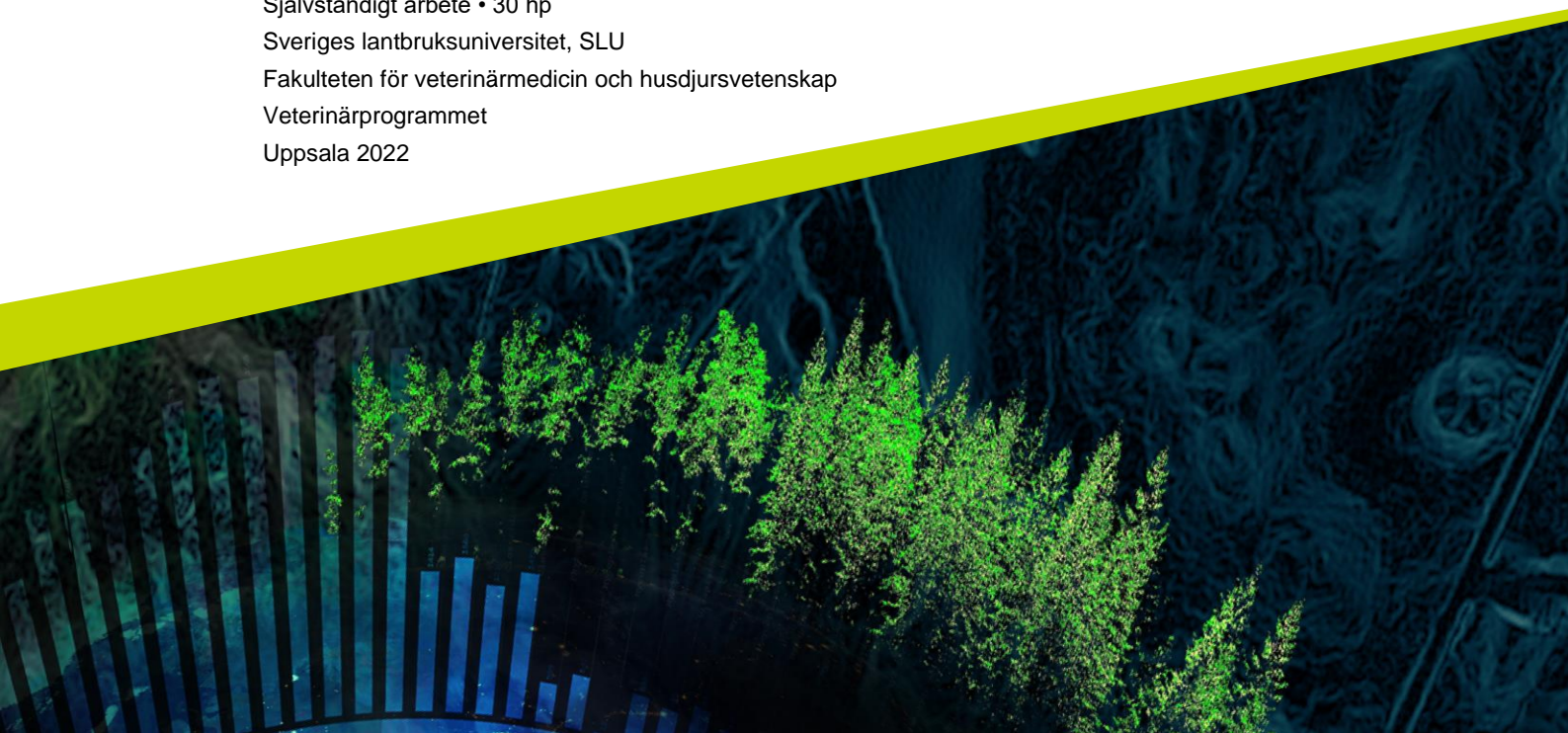


Komplikationer vid artrodes på smådjur och *ex vivo* test av ett innovativt benlim för artrodeser

Complications of arthrodesis in small animals and a novel bone glue for arthrodesis tested in a dog cadaver model

Adam MacCormack

Självständigt arbete • 30 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Veterinärprogrammet
Uppsala 2022



Komplikationer vid artrodes på smådjur och *ex vivo* test av ett innovativt benlim för artrodeser

Complications of arthrodesis in small animals and a novel bone glue for arthrodesis tested in a dog cadaver model

Adam MacCormack

Handledare: Odd Höglund, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för kliniska vetenskaper
Bitr. handledare: Michael Pujari-Palmer, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för kliniska vetenskaper
Examinator: Karolina Enlund, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för kliniska vetenskaper

Omfattning: 30 hp
Nivå och fördjupning: A2E
Kurstitel: Självständigt arbete i veterinärmedicin
Kurskod: EX0869
Program/utbildning: Veterinärprogrammet
Kursansvarig inst.: Institutionen för kliniska vetenskaper

Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2022

Nyckelord: artrodes, benlim, hund, infektion, journalstudie, karpus, katt, komplikationer, ortopedi, steloperation, tarsus

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institutionen för kliniska vetenskaper

Avdelningen för smådjurskirurgi

Publicering och arkivering

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

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

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

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

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

Sammanfattning

En artrodes är ett operativt ingrepp som avser att genom immobilisering av en led öka den totala rörelsefunktionen i en extremitet. Efter en artrodes åstadkoms en benfusion i leden. Det är känt sedan tidigare att komplikationsrisken för artrodeser hos hund och katt är relativt hög, varför mer kunskap om dem och deras utfall är fördelaktigt för att kunna fatta evidensbaserade beslut som gagnar djur och djurägare.

I detta arbete genomfördes en retrospektiv journalstudie, utförd på smådjurskliniken vid SLU Universitetsdjursjukhuset, Uppsala. Debiteringskoder för partiell artrodes karpus, partiell artrodes tarsus, panartrodes karpus och panartrodes tarsus användes för att identifiera journaler från år 2014 till och med år 2020. I en hundkadavermodell testades ett innovativt benlim och mekaniska egenskaper mellan limmade benstrukturer undersöktes. Benlimmet är ett biomaterial baserat på aminosyran fosfoserin som har uppvisat fördelaktiga egenskaper för eventuell framtida användning inom ortopedi.

39 patientjournaler med individer som genomgått artrodes identifierades, varav 31 hundar, sju katter och en kanin. Komplikationer som uppstod delades in i tre kategorier: katastrofala, allvarliga och milda. Allvarliga komplikationer delades ytterligare upp i typ ett (kirurgisk behandling) och typ två komplikationer (medicinsk behandling). Även komplikationen infektion beskrevs, men ingick i allvarliga typ två komplikationer. Katastrofala komplikationer, till exempel kraftiga hältor som ledde till avlivning, drabbade en hund och tre katter, allvarliga komplikationer, till exempel antibiotikakrävande infektioner eller problem som krävde ytterligare operationer, drabbade 24 hundar och två katter, milda komplikationer, till exempel skavsår eller lindriga hältor, drabbade sju hundar och två katter. Infektion drabbade 21 hundar och fyra katter. Några av komplikationerna krävde ytterligare kirurgiska åtgärder. Hos hundarna genomfördes 28 re-operationer på 17 individer, medan det hos katterna genomfördes tre re-operationer på två individer. Den presenterade informationen skulle kunna ge ett underlag för beslut om behandlingar och fortsatt forskning. Av 39 patientjournaler med artrodesfall involverade 67 % allvarliga komplikationer och 49 % genomgick minst en re-operation.

Utvärdering av mekaniska egenskaper för benlimmet visade att limmets egenskaper i en kadavermodell liknar de egenskaper som tidigare påvisats i laboratoriestudier. Limmet var starkare när mängdandelen fosfoserin i relation till kalciumsilikat var 30 %, och svagare när den var 15 %.

Benlimmet kan möjligen vara till nytta vid artrodes, för att ge ytterligare stabilitet i samband med traditionell fixering (osteosyntes). Fler studier om limmets egenskaper behövs.

Nyckelord: artrodes, benlim, hund, infektion, journalstudie, karpus, katt, komplikationer, ortopedi, steloperation, tarsus

Abstract

An arthrodesis is a surgical procedure that aims to increase the overall function of an extremity through immobilization of a joint. After an arthrodesis a bone fusion is achieved in the joint. It is well known that the risk of complications for arthrodesis is relatively high, which is why more knowledge about them and their outcome is beneficial when making evidence-based decisions. A more well-informed decision benefits both animals and animal owners.

In this work, a retrospective study of patient records was performed at the University Animal Hospital (UDS), small animal section. Billing codes for partial arthrodesis carpus, partial arthrodesis tarsus, panarthrodesis carpus and panarthrodesis tarsus were used to identify records from 2014 to 2020.

In a cadaver model, an innovative bone glue was tested and mechanical properties between glued bone structures were evaluated. The glue is a biomaterial based on the amino acid phosphoserine and has shown attributes which could benefit possible future use within orthopaedics.

The study identified 39 patient records that involved arthrodesis, of which 31 were dogs, seven cats and one rabbit. Complications that arose were divided into three categories: catastrophic, severe, and mild. Severe complications were further divided into type one (surgical treatment) and type two complications (medical treatment). The complication infection was also described. Catastrophic complications, for example serious lameness followed by euthanasia, affected one dog and three cats, major complications, for example infections treated with antibiotics or other problems requiring surgical treatment, affected 24 dogs and two cats, mild complications, for example chafing or mild lameness, affected seven dogs and two cats. Infection affected 21 dogs and four cats. Some of the complications required additional surgical procedures. In dogs, 28 re-operations were performed on 17 individuals, while in cats, three re-operations were performed on two individuals. Knowledge about complications surrounding arthrodesis can provide a basis for decisions about treatments and future studies. Out of 39 patient records, 67% of the arthrodesis cases involved major complications and 49% needed at least one re-operation.

Evaluation of mechanical properties of the bone glue showed that the glue behaved in cadaver joints very similarly to previous laboratory studies. The glue was stronger when the mole proportion of amino acid was 30%, and weaker when the proportion was 15%, in relation to the amount of calcium silicate.

The bone glue may possibly be useful in arthrodesis, to provide additional stability as a complement to traditional fixation (osteosynthesis). More studies on the properties of the adhesive are needed.

Keywords: arthrodesis, bone glue, carpus, cat, complications, dog, infection, journal study, joint fusion, orthopedics, tarsus

Innehållsförteckning

Förkortningar	8
1. Inledning.....	9
2. Litteraturöversikt	10
2.1. Artrodeser	10
2.1.1. Pancarpal artrodes.....	11
2.1.2. Pantarsal artrodes.....	12
2.1.3. Partiella artrodeser.....	12
2.1.4. Komplikationer	13
2.2. Benlimmet.....	15
3. Material och metoder	17
3.1. Journalstudie	17
3.1.1. Definition av komplikationer	17
3.2. Databasinsamling för benlimmet.....	18
3.3. Informationssökning	19
4. Resultat.....	20
4.1. Journalstudie	20
4.1.1. Patientinformation	20
4.1.2. Post-operativa komplikationer	20
4.2. Benlimmet.....	22
4.2.1. Mekaniska testresultat	22
5. Diskussion.....	23
5.1. Journalstudien	23
5.1.1. Använda definitioner	25
5.1.2. Studiens begränsningar	26
5.2. Limmets potential	27
5.3. Konklusion	27
Referenser.....	29
Tack	32
Populärvetenskaplig sammanfattning	33

Förkortningar

α TCP	Alfa-trikalciumfosfat
SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
UDS	Universitetsdjursjukhuset smådjur

1. Inledning

En artrodes (steloperation) är ett operativt ingrepp som avser att förbättra extremitetens rörelsefunktion och hantera smärta, och används både på djur och människor för att stabilisera skadade leder (Johnson 1980; Penwick 1987). Det är dessvärre känt sedan tidigare att risken för komplikationer efter en artrodes är hög (Johnson 1980; Roch *et al.* 2008; Anesi *et al.* 2020). Dessa komplikationer kan i slutändan leda till stort lidande både för djur och djurägare, och kan dessutom leda till stora ekonomiska kostnader. Typen av komplikationer som kan uppstå är till exempel skavsår, infektioner, problem med implantat och persisterande hältor, och i de värsta fallen kan dessa leda till ytterligare operationer eller avlivning av djuret (Parker *et al.* 1981; Roch *et al.* 2008). Kunskap om riskerna och fördelarna med artrodeser är viktigt för att kunna fatta välgrundade beslut om behandling.

Det primära syftet med uppsatsen var att beskriva förekomsten av komplikationer efter artrodes, genom att genomföra en retrospektiv journalstudie. Ytterligare ett syfte var utvärdering av mekaniska data vid *ex vivo*-test av ett innovativt benlim, applicerat på en artrodes-modell. Med egna mätdata från belastningstester som utgångspunkt diskuteras limmets potential till att minska komplikationsrisken efter artrodes.

För att ge en fördjupad förståelse om vad en artrodes innebär och de komplikationer som kan uppstå har även en litteraturstudie genomförts, där tillgängliga studier och information har sammanställts.

2. Litteraturoversikt

2.1. Artrodeser

Enligt Schulz & Hayashi (2019) är definitionen av en artrodes ett operativt ingrepp där avsikten är att åstadkomma en fusion mellan ledytter. Ingreppet kan genomföras efter traumatiska eller degenerativa skador av en led som orsakar medicinskt okontrollerbar instabilitet eller smärta och ger då en chans till en förbättrad rörelsefunktion (Penwick 1987; Schulz & Hayashi 2019). Några exempel på indikationer är ligamentskador, ledfrakturer, kronisk ledinstabilitet, tillväxtdeformiteter, smärtsam artrit som inte svarar medicinskt, ledrelaterade bendefekter och skador på perifera nerver som påverkar ledfunktion. Målet med en artrodes är nästan aldrig att återställa en fullt normal funktion, det är snarare att återfå en acceptabel nivå av funktion i lemmen på bekostnad av ledens rörelseförmåga. Prognosen efter en artrodes är generellt bättre om det handlar om en distal led snarare än en proximal led på en lem. Vid artrodes av proximala leder riskerar lederna distalt om denna att påverkas negativt (Penwick 1987). Till exempel ger artrodes vid behandling av karpal eller tarsal instabilitet möjlighet till en god efterföljande funktion av lemmen, medan artrodes som utförs på knäled, armbågsled eller bogled ger jämförelsevis sämre funktion (Schulz & Hayashi 2019). De vanligaste lederna att utföra artrodeser på är karpus och tarsus (Harasen 2002a).

Fusion av leden vid en artrodes åstadkommer man i princip genom att avlägsna ledbrosk, stimulera benproliferation med autogent bentransplantat och immobilisera leden under en längre period (Penwick 1987; Schulz & Hayashi 2019). För att leden ska fixeras brukar olika typer av benimplantat av metall användas, däribland intramedullära pins (stavar), skruvar, kompressionsplattor (benplattor) och tensionsband. Det kan ta 6-16 veckor innan en radiologisk fusion kan ses, och även någon typ av yttre fixation av leden bör användas under hela tiden dessförinnan för att säkerställa så hög ledstabilitet som möjligt. Syftet är att leden ska bli permanent immobiliserad med hjälp av benvävnad och det är därför mycket viktigt att vinkeln leden fuseras i är funktionell för individen. När bentransplantat hämtas består det

vanligen av spongiöst ben från samma individ (autograft), och appliceras på den brosklösa ledytan (Penwick 1987; Fossum 2019). Alexander (1987) skriver att transplantation av spongiöst ben är den vanligaste typen av bentransplantation som används kliniskt och att det används för sin förmåga att stimulera osteogenes. Användningen av autogent spongiöst ben beskrivs även av Harasen (2011) som en vanlig och viktig teknik. Vidare berättar Alexander att de platser bentransplanterat med spongiöst ben lämpligast hämtas från är *tuberculum majus*, *crista tibia*, och *crista iliaca*.

Postoperativt till en artrodes kan svullnad ofta uppstå, och därför bör ett mjukt vadderat bandage användas i tre till fem dagar (Harasen 2002a).

Wang *et al.* (2015) visade att kraftfördelningen efter en artrodes förändras i närliggande leder. Detta var en studie på människofoten där kraftfördelningen på tarsallederna jämfördes med och utan artrodes av tibiotalarleden. Både kadaver-tester och en datormodell användes för datainsamling.

2.1.1. Pancarpal artrodes

En pancarpal artrodes involverar fusion av alla tre ledavdelningar i karpus (Schulz & Hayashi 2019). Denna typ av artrodes är indikerad för tillstånd i karpus som inte svarar på konservativ behandling (Parker *et al.* 1981). Den huvudsakliga indikationen för en karpal artrodes är skador orsakade av hyperextension med kronisk instabilitet, där pancarpal artrodes används oftare än andra alternativ (Denny & Barr 1991). En pancarpal artrodes är även en god metod för behandling av karpal luxation (Schulz & Hayashi 2019). Andra indikationer för en pancarpal artrodes är till exempel degenerativa ledsjukdomar, svåra karpala frakturer och kongenitala missbildningar (Meeson *et al.* 2012).

Flera metoder kan användas för att genomföra en pancarpal artrodes. Den vanligaste metoden använder sig av en dorsalt placerad benplatta, men mer sällan kan en medialt placerad benplatta eller ett externt fixeringsställ användas (Schulz & Hayashi 2019). En artrodes med dorsal benplatta är kirurgimässigt enklare att genomföra med tanke på hur åtkomliga ledytorna är (Meeson *et al.* 2012).

Utfallet efter en pancarpal artrodes kan vara positivt. I en rapport (Parker *et al.* 1981) där 45 hundar som genomgått pancarpal artrodes följdes upplevde 97 % av djurägarna som svarade på en enkät att deras djur förbättrades efter artrodesen, och 74 % av djurägarna upplevde ingen hälta alls hos sitt djur vid rörelse.

2.1.2. Pantarsal artrodes

En pantarsal artrodes innebär fusion av talocrural, intertarsal och metatarsalleder (Fettig *et al.* 2002; Roch *et al.* 2008). Indikationer kan, likt de för andra artrodeser, vara till exempel osteoartrit, luxationer eller ledinstabilitet. Plantarligament-skador kan ofta vara orsaken till luxationer och kan uppkomma utan känt trauma eller till följd av en hyperextensionsskada (Fettig *et al.* 2002; Roch *et al.* 2008). Äldre och överviktiga hundar löper en risk för progressiv, degenerativ hyperextension av tarsus, och raserna collie och Shetland Sheepdog drabbas oftare än andra (Harasen 2002b).

En pantarsal artrodes kan åstadkommas genom flera olika operationsmetoder där benplattan fästs på olika platser, dorsalt, lateralt, plantart eller mediant (Anesi *et al.* 2020). Om en dorsal benplatta används kommer den utsättas för cyklisk kompression då djuret rör sig och måste därför till en stor grad stöttas med hjälp av annan stabilisering (Harasen 2002b; Anesi *et al.* 2020). Användning av en i förväg böjd typ av dorsal benplatta har utvärderats hos nio katter, där åtta hade återfått normal funktion vid senare uppföljning ($23,3 \pm 11,6$ månader) och en led av intermittent hälta (Fitzpatrick *et al.* 2013).

I en studie (Klause *et al.* 1989) från 80-talet beskrivs andelen positiva utfall efter pantarsal artrodes att vara 49 % vid långtidsuppföljning. I en annan studie (Anesi *et al.* 2020) undersöktes långtidsutfall hos 30 hundar efter pantarsal artrodes med medial benplatta utan extern stabilisering. Detta genomfördes genom rapportering från djurägare efter telefonkontakt. Man fann att 12 hundar hade återfått full rörelsefunktion medan 14 hade återfått en acceptabel funktion. En hund hade fått sitt ben amputerat på grund av katastrofala komplikationer, efter en allvarlig infektion i operationssåret som ledde till borttagning av implantat. Beslutet om amputation gjordes då artrodesen inte var komplett och djurägarna tackade nej till vidare kirurgi på grund av ekonomi.

2.1.3. Partiella artrodeser

En partiell artrodes innebär en selektiv fusion av en eller flera ledavdelningar i karpus eller tarsus (Schulz & Hayashi 2019). Detta är lättare att göra och kräver mindre utrustning jämfört med en panartrodes och förändrar heller inte rörelsemönstret hos djuret (Harasen 2002a).

Det kan diskuteras vilken som är mest lämplig, partiell eller panartrodes, vid en given skada. Möjligen finns det fler fördelar med panartrodes (Parker *et al.* 1981; Harasen 2002a). Vad gäller karpus kan leden på grund av stressen som orsakas av en partiell artrodes på övriga delar av karpus riskera senare instabilitet, där behand-

lingen ändå är en pancarpal artrodes. Både Harasen och Parker *et al.* föredrar pancarpal artrodes över partiell, enligt Harasen gäller det för alla typer av karpalledskador som föranleder en artrodesbehandling (Parker *et al.* 1981; Harasen 2002a).

I en studie återfick endast 50 % av behandlade hundar en acceptabel rörelsefunktion efter en partiell karpal artrodes, medan resten hade återkommande hältor (Denny & Barr 1991). Författaren kommenterade att man i andra studier där pins användes för att fixera leden fick bättre resultat, då 70 % av hundarna återfick acceptabel rörelsefunktion.

2.1.4. Komplikationer

Komplikationer som uppstår efter en artrodes är relativt vanligt förekommande (Johnson 1980; Anesi *et al.* 2020). Flera olika typer av komplikationer kan uppstå och allvarlighetsgraden kan sträcka sig från hög till ringa. Det är mycket viktigt att en korrekt kirurgisk teknik och postoperativ vård appliceras för att undvika komplikationer (Penwick 1987; Roch *et al.* 2008).

I de flesta fall där ledfusion inte uppnås beror det på undermålig kirurgisk teknik, postoperativa infektioner eller återfall av en tidigare sjukdomsprocess, men det kan också bero på att implantaten inte blivit optimalt placerade eller att fusionsvinkeln på leden inte var funktionell (Penwick 1987).

Den vanligaste komplikationen efter en pancarpal artrodes var, i en studie på 50 hundar, löst sittande distala skruvar (Denny & Barr 1991). Denna typ av komplikation gav hälta som avtog efter att skruvarna avlägsnades. Skruvarna opererades bort upp till ett år efter den initiala artrodesoperationen. Även mjukdelsreaktioner över benplattan och låggradiga infektioner observerades, vilket orsakade hälta och gav indikation för borttagning av plattan (Denny & Barr 1991). I en annan studie förekom komplikationer och hälta hos tre av nio inkluderade hundar, där samtliga komplikationer var implantatrelaterade (Johnson 1980). I ett av dessa fall hade benplattan frakturerat. Efter att implantaten hade avlägsnats blev hundarna snabbt bättre, vilket tyder främst på mjukdelsinvolvering (Johnson 1980). Metakarpala frakturer är också en komplikation som rapporteras efter pancarpala artrodeser (Whitelock *et al.* 1999). Whitelock *et al.* (1999) studerade 64 hundar efter operation med dorsal kompressionsplatta och långtidsuppföljning. De fann att sex av hundarna fick frakturer i metakarpus (9,4 %), och att risken för frakturer i metakarpus minskade då kompressionsplattan täckte en större del av metakarpalbenet. De rekommenderar att plattan ska täcka minst 50 % av metakarpalbenets längd för att minska frakturrisken. De fann ingen korrelation mellan meta-

karpalbensfraktur och vikten på hundarna. En annan komplikation som kan förekomma är infektion på grund av sår och begränsad mängd mjukvävnad som täcker över implantat (Schulz & Hayashi 2019). Även osteomyelit omkring implantat kan uppstå och orsaka problem (Johnson 1980).

En studie tittade på resultatet efter pancarpal artrodes hos åtta hundar (Brown *et al.* 2016). Samtliga hundar i denna studie hade traumatiskt uppkomna komminuta artikulära frakturer i området för distala radius och ulna, och sju av åtta var före detta kapplöpningshundar av rasen greyhound. Hundarna undersöktes radiologiskt sex till tolv veckor efter operationen och senare med uppföljande undersökning eller telefonintervju av djurägare. Vid första post-operativa uppföljningen, den efter sex till tolv veckor, uppvisade samtliga hundar någon grad av hälta. Efter en genomsnittlig uppföljningstid på 15,5 månader hade det noterats totalt fem milda komplikationer, fem allvarliga komplikationer och en katastrofal komplikation. De milda komplikationerna var bandageassocierade mjukvävnadsskador samt hyperextension. Samtliga allvarliga komplikationer var sårinfektioner, där fyra av fem hundar behandlades med antibiotika och blev bättre. Ägaren till huden med den femte sårinfektionen gav inte svar vid uppföljning. Även den katastrofala komplikationen var en sårinfektion, som föranledde en amputation av det påverkade benet. Vid sista uppföljning fanns fem hundar kvar i studien, där tre uppnådde full rörelsefunktion och två uppnådde acceptabel rörelsefunktion.

I en undersökning gjord på 14 arbetshundar från Nya Zeeland redovisades resultat efter pancarpal artrodes med dorsal hybridplatta för sju av dem (Sawyer *et al.* 2015). Uppföljningen gjordes i genomsnitt 3 år efter operationen (minst ett och max 6 år efter) via telefonkontakt med djurägare eller inblandad veterinär. Fem av sju hundar återvände till arbete efter operationen, en hund återvände inte då djurägaren inte ville det och den sista hunden kunde inte återvända på grund av en persisterande hälta. Fem av hundarna hade en konstant rörelsestörning med mild, intermittent hälta, en hund hade en konstant rörelsestörning med måttlig, persisterande hälta, och en hund hade ingen rörelsestörning men blev fick sporadiskt en mild hälta efter hopp. Fyra av hundarna tvingades genomgå implantatborttagning. Samtliga kontaktade djurägare var nöjda med ingreppet. Författaren drog slutsatsen att prognosen för hundar att återgå till arbete efter denna typ av operation är god, men att risken för re-operation i form av implantatborttagning är hög.

I en studie av Anesi *et al.* (2020) som tittade på komplikationer efter pantsarsal artrodes hos 30 hundar fann man att av totalt 36 ingrepp (där sex hundar genomgick en bilateral operation) uppstod komplikationer efter 21 av ingreppen, 58,3 %. Bland komplikationerna ingick trasiga kompressionsplattor, trasiga eller förflyttade skruvar, metatarsalbensfrakturer, operationssårsinfektioner av olika grad och

smärta i akillessenan. Infektionerna diagnostiserades oftast endast baserat på kliniska symtom och radiologisk bild, och inkluderade i flera fall tecken på osteomyelit. I ett av fallen (3,3 %) var komplikationen klassad som katastrofal och ledde till amputation. Elva komplikationer (30,6 %) krävde kirurgiskt ingrepp för behandling. Vid uppföljning av rörelsefunktion efter i median 223 dagar var det sex hundar (20 %) som hade en oacceptabel funktion, medan resten hade acceptabel (63,3 %) eller full (16,6 %) funktion. Författarna drar slutsatsen att pantarsala artrodeser ger ett gott resultat över en medellång till lång tidsperiod trots att risken för komplikationer är hög. Även Roch *et al.* (2008) fann en hög andel komplikationer efter att ha följt 40 hundar efter pantarsal artrodes, 30 av 40 hundar (75 %) visade tecken på post-operativa komplikationer likt de tidigare nämnda. Men i denna studie förekom även plantar nekros som en allvarlig komplikation hos sex (15 %) av hundarna, en komplikation som författarna beskriver som ej tidigare rapporterad efter denna typ av ingrepp. De säger att ökad risk för plantar nekros verkar vara kopplat till användning av medial kompressionsplatta. De nämner även sepsis hos två hundar, allvarliga trycksår hos en och såravlossning hos en annan som allvarliga komplikationer.

2.2. Benlimmet

Ett innovativt benlim som utvecklats av en forskargrupp från Ångströmlaboratoriet, Uppsala universitet, är ett nytt biomaterial, även kallat bioadhesive.

Biolimmet baseras på den icke-essentiella aminosyran fosfoserin som kombineras med alfa-trikalciumfosfat (α TCP), ett metastabilt keramiskt material som klassas som en typ av kalcium-fosfatcement (Pujari-Palmer *et al.* 2018; Liu *et al.* 2019; Bojan *et al.* 2022). Kalcium-fosfater kan användas för att fylla tomrum i skelett då föreningen har en kemisk likhet till den inorganiska delen i ben. Tillsatsen av fosfoserin till α TCP ger ett material med nya egenskaper, bland annat stark bindning till vävnad och andra biomaterial samt enklare hantering, som skulle kunna lämpa sig väl för sammanfogning av skelettdelar. Styrkan vid både kompression och drag hos α TCP med tillsatt fosfoserin var många gånger starkare än utan fosfoserin. Kalcium-fosfater med tillsatt fosfoserin kan fästa väl till flera olika vävnadstyper, både mjukvävnader och ben (Pujari-Palmer *et al.* 2018; Liu *et al.* 2019). Merolli & Santin (2009) beskriver även hur fosfoserin kan underlätta infästning och proliferation av osteoblaster samt minska infästning av inflammatoriska celler på ytan av titan-implantat, och lyfter även fram hur detta kan användas med kalcium-fosfater för att skapa en stödställning för vävnad.

Vid användning av implantat, som pins och benplattor, vid benfixering följer problem (Van Erk *et al.* 2022). Problemen inkluderar stressreduktion av den

eventuella frakturen som försvagar benet och saktar ner läkningen, och problem med själva implantaten som gör att ytterligare operation för borttagning av dem krävs. Därför är forskning om alternativa eller stödjande fixeringsmetoder relevant. Syftet med ett benlim skulle vara stabilisering av en bendefekt under tillräckligt långt tid för att tillåta läkning, även vid försvårande omständigheter som till exempel blödning, inflammation eller exsudatbildning. Enligt en review-artikel av Van Erk *et al.* (2022) krävs det dock bättre utformad och mer forskning inom området för att dra någon slutsats om framtida användning av benlim, och hittills finns ingen forskning som tydligt bevisat god effekt i kliniska sammanhang. Artikeln nämner dock att det finns forskning som visar på egenskaper hos benlim som ger en positiv bild av potentialen benlim har för klinisk användning.

3. Material och metoder

3.1. Journalstudie

En retrospektiv journalstudie genomfördes genom att söka och granska journaler från SLU Universitetsdjursjukhuset smådjur där debiteringskoder för partiell artrodes karpus, partiell artrodes tarsus, panartrodes karpus och panartrodes tarsus har använts. Samtliga djurslag inom kategorin smådjur inkluderades. Sökning av journaler avgränsades till datumintervallet 2014-01-01 till 2020-12-31. Varje enskild journal lästes därefter igenom; det som bedömdes vara komplikationer till artrodesoperationen noterades i ett Exceldokument tillsammans med journalnummer, patient-namn, djurslag, ålder vid operation, vikt vid operation och eventuell användning av perioperativ antibiotika. Ålder vid operation rapporterades som medelvärde antal år \pm standardavvikelse (SD), avrundat till en decimal. Kroppsvikten vid operation rapporterades som medelvärde i kg \pm SD, avrundat till en decimal.

3.1.1. Definition av komplikationer

Journalförda problem som ansågs vara en komplikation var de som antingen noterades som komplikationer i journalen eller föranledde återbesök som inte initialt inplanerades. Problemen behövde också ha uppstått efter operationstillfället och bedömts kunna ha uppstått åtminstone delvis på grund av operationen. Om en komplikation ledde till en operation som inte tidigare var planerad räknades detta som en re-operation. Där ingick bland annat implantatborttagning, avancerad sårvård och ledspolning, medan en åtgärd som till exempel bandagebyte inte räknades hit.

Komplikationerna som uppstod delades in i tre kategorier enligt en artikel av Cook *et al.* (2010), vilka var katastrofal (catastrophic), allvarlig (major) och mild (minor). Allvarliga komplikationer delades in i undergrupperna typ ett eller typ två.

- Katastrofal – en komplikation som orsakar permanent oacceptabel funktion, direkt kan relateras till patientens död eller leder till ett avlivningsbeslut.
- Allvarlig – typ ett är en komplikation som kräver ytterligare kirurgisk behandling, medan typ två är en som kräver ytterligare medicinsk behandling.
- Mild – en komplikation som inte kräver ytterligare kirurgisk eller medicinsk behandling.

För varje patient noterades utfallet för komplikationer inom dessa kategorier med ett ja eller nej, beroende på om patienten fått en komplikation som stämde in på definitionen eller inte. Om komplikationer uppstod inom tre månader av varandra räknades de inte som separata och noterades därför endast under den mest allvarliga kategorin komplikationerna passade in under. En patient som inte återgick till en förväntad funktionsnivå definierades som att ha oacceptabel funktion. Antalet patienter som fick komplikationer redovisades, komplikationerna klassificerades, och gruppen karaktäriserades med avseende på ålder och kroppsvikt. Även komplikationen infektion beskrevs, som också ingick som allvarlig typ två komplikation. En patient definierades som att ha en infektion då allmän antibiotika sattes in som behandling för misstänkt eller bekräftad infektion post-operativt.

Informationen sammanställdes och analyserades i programmet Microsoft Excel.

3.2. Datainsamling för benlimmet

Vävnad från hasled av hundkadaver preparerades. All mjukvävnad (hud, muskler, bindväv och ledbrosk) avlägsnades och platser för limapplicering planerades till ledytorna av calcaneus och os tarsale IV.

Pulver av kalcium-silikat (Sigma, Sverige) och fosfoserin (Flamma, Sverige) preparerades som för-blandade paket, där 15 % fosfoserin eller 30 % fosfoserin i mängd (mol) användes. 15 % användes för ”svag” limformulering, medan 30 % användes för ”stark” limformulering. Avjoniserat vatten tillsattes för att starta bindningsreaktionen (en kubikcentimeter per fyra gram för-blandat pulver), sedan blandades limblandningen manuellt i 30 sekunder innan den applicerades på vävnaden i form av en tjock pasta. Benen sattes ihop med endast en limyta.

Efter att ha härdat i 24 timmar vid 21 °C placerades vävnaden i en specialdesignad testrigg (Dione AB, Uppsala Sverige) och mekaniska egenskaper undersöktes i mekanisk testning (styrka, hållfasthet) med en avsedd testapparat (AGS-X,

Shimadzu). En impacter (block som utövar kraft på vävnaden) med förflyttningshastighet på en millimeter per minut, som ger en progressivt ökande belastning över det limmade området, användes. Testet avbröts först när limmet gav vika, och kraften per area (newton per kvadratcentimeter) som utövades på benpreparatet noterades. Data analyserades med tillverkarens mjukvara, Trapezium Lite (Shimadzu). Testet utfördes åtta gånger för limberedningen med 15 % fosfoserin och nio gånger för limberedningen med 30 % fosfoserin.

3.3. Informationssökning

Informationssökningen till litteraturoversikten gjordes genom läsning av veterinärmedicinsk litteratur som fanns tillgänglig, samt genom sökningar online efter vetenskapliga artiklar på Google Scholar och PubMed med sökorden arthrodesis, dog, canine, cat, feline, complications, carpus, tarsus.

4. Resultat

4.1. Journalstudie

4.1.1. Patientinformation

Sökning i journaldatabasen identifierade totalt 39 patientjournaler, varav 31 stycken var hundar, sju var katter och en var kanin.

Hundarna var $6,0 \pm 2,7$ år gamla vid genomförandet av artrodesen. baserat på ålderssiffror avrundade till hela tal, och vägde $22,3 \pm 9,7$ kg. Av dessa var 15 (48,4 %) hanar medan fem (16,1 %) var kastrerade hanar, och elva (35,5 %) var intakta honor. Alla hundar förutom en individ fick någon form av perioperativ antibiotika.

Katterna var $4 \pm 2,8$ år gamla vid genomförandet av artrodesen och vägde $5,7 \pm 0,5$ kg. Av dessa var 4 (57,1 %) kastrerade hanar, två (28,6 %) kastrerade honor och en (14,3 %) var intakt hona. Samtliga katter fick perioperativ antibiotika.

Kaninen var elva månader gammal vid operationen, vägde 2,1 kg och var en hona. Kaninen dog på sjukhuset i direkt samband med operationen.

Uppföljningstiden var mellan elva månader och sju år.

4.1.2. Post-operativa komplikationer

Hundar

Bland de 31 hundarna genomfördes totalt 28 re-operationer på 17 individer (54,8 %), eller $1,6 \pm 1,3$ re-operationer per re-opererad hund. I genomsnitt genomfördes 0,90 re-operationer per hund. Hunden med flest re-operationer genomgick sex re-operationer, det vill säga total sju operationer.

Antalet hundar som drabbades av katastrofala komplikationer var en (3,2 %), allvarliga komplikationer var 24 (77,4 %) och milda komplikationer var sju (22,6

%). Antalet hundar som drabbades av minst en komplikation var 29 (93,5 %). Sju individer (22,5 %) hade allvarliga typ-två komplikationer, medan resterande 17 allvarliga komplikationer (54,8 %) var typ-ett komplikationer, vilket motsvarar 29,2 % respektive 70,8 % av totala antalet allvarliga komplikationer.

Bland de milda komplikationerna ingick bland annat besvärliga skavsår, irriterad hud, muskelhypotrofi och lindrig hälta. De allvarliga komplikationerna var bland annat re-operationer (borttagning av implantat, sårvård eller ledspolning) som kunde bero på till exempel implantatförflyttning eller septisk artrit, hältor som krävde medicinsk behandling och misstänkta eller bekräftade infektioner (sårinfektioner, osteomyelit, ledinfektioner eller annat) som behandlades med allmän-antibiotika. I det enda fallet där katastrofala komplikationer observerades var det en äldre hund där beslut om avlivning togs av djurägare snarare än att fortsätta med en inplanerad re-operation.

Totalt 21 hundar (67,7 %) drabbades av komplikationen infektion.

Katter

Bland de sju katterna genomfördes totalt tre re-operationer på två (28,6 %) individer, två på den ena och en på den andra. I genomsnitt genomfördes 0,43 re-operationer per katt.

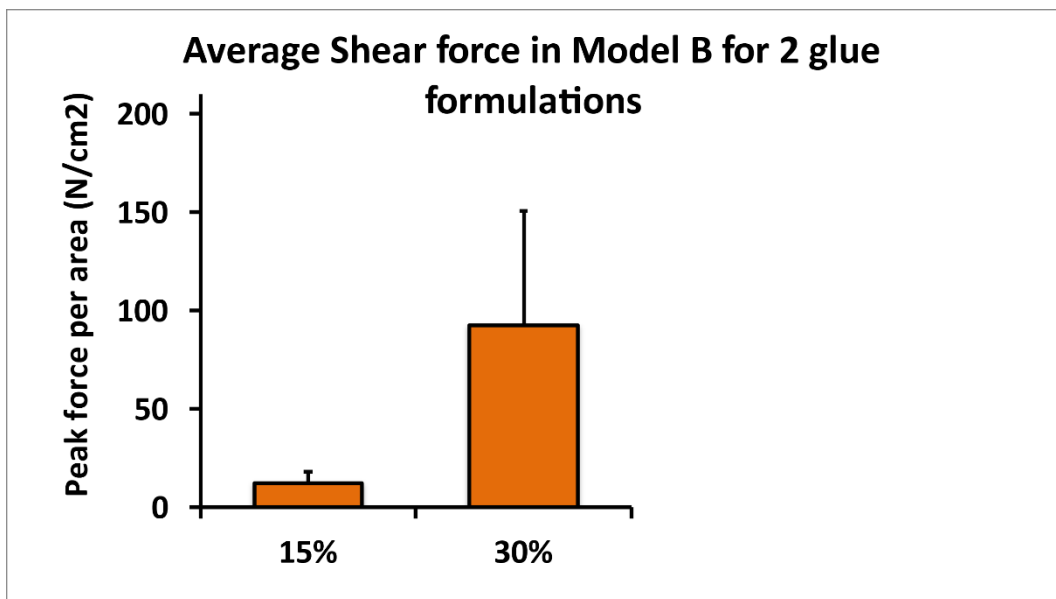
Antalet katter som drabbades av katastrofala komplikationer var tre (42,9 %), allvarliga komplikationer var två (28,6 %) och milda komplikationer var två (28,6 %). Samtliga katter drabbades av minst en komplikation. De milda komplikationerna liknade de hos hundarna, det vill säga besvärliga skavsår, irriterad hud, muskelhypotrofi och lindrig hälta. De allvarliga komplikationerna var re-operationer (på grund av implantatproblematik) och smärtsamma svårläkta sår som bland annat behandlades med smärtstillande medicin. Samtliga katastrofala komplikationer var problem som ledde till ett avlivningsbeslut, där förutom komplikationerna i sig även höga ekonomiska kostnader angavs vara bidragande till beslutet i åtminstone två av fallen.

Totalt 4 katter (57,1 %) drabbades av komplikationen infektion.

4.2. Benlimmet

4.2.1. Mekaniska testresultat

Figur 1 presenterar resultatet från maskintesten med limformuleringen. För limberedningen med 15 % aminosyra var medelvärdet $12,0 \text{ N/cm}^2$ och det högsta värdet $31,8 \text{ N/cm}^2$. För limberedningen med 30 % aminosyra var medelvärdet $92,3 \text{ N/cm}^2$ och det högsta värdet $142,5 \text{ N/cm}^2$.



Figur 1. På y-axeln visas kraften per area (newton per kvadratcentimeter) som utövades på benpreparatet då limmet gav vika, medan x-axeln visar mängdandelen av aminosyra som användes i limberedningen. För limberedningen med 15 % aminosyra var medelvärdet $12,0 \text{ N/cm}^2$ och det högsta värdet $31,8 \text{ N/cm}^2$. För limberedningen med 30 % aminosyra var medelvärdet $92,3 \text{ N/cm}^2$ och det högsta värdet $142,5 \text{ N/cm}^2$.

5. Diskussion

5.1. Journalstudien

Sammanställningen av data från journalerna indikerar att förekomsten av komplikationer efter en artrodes hos hund på UDS var hög (>90 %), och även om litteraturen indikerar att komplikationer är vanliga visade resultatet av journalstudien på en högre komplikationsrisk än andra vad andra artiklar har angivit. Den totala andelen av komplikationer efter ingrepp som angavs i studierna av Anesi *et al.* (2020) och Roch *et al.* (2008) låg på 58,3 % respektive 75 %. Även risken för allvarliga komplikationer var hög jämfört med andra studier, det var 77,4 % av hundarna som drabbades av minst en allvarlig komplikation. Dessutom var majoriteten (70,8 %) av de allvarliga komplikationerna som dokumenterades i denna journalstudie typ-ett komplikationer, vilket motsvarar cirka 54,8 % av alla hundar i studien. I studien av Anesi *et al.* var det 61,2 % av hundarna som drabbades av någon form av allvarlig komplikation, medan 30,6 % av alla hundar var typ-ett komplikationer. Andelen hundar som drabbades av en allvarlig komplikation var lägre i studien av Anesi *et al.* än i journalstudien.

Endast en av hundarna (3,2 %) hamnade i kategorin för katastrofala komplikationer, vilket motsvarar nästan exakt samma andel som i studien av Anesi *et al.* (2020). Studien av Anesi *et al.* var den enda studien som togs upp i litteraturöversikten som också baserade definitionerna av komplikationer på artikeln av Cook *et al.* (2010). Katastrofala komplikationer är den enda komplikationskategorin som innebar att hundarna inte återhämtade sig efter sina komplikationer, medan alla hundar i de övriga kategorierna återfick en acceptabel funktion åtminstone på längre sikt. Resultatet på längre sikt är intressant för att kunna bedöma risk mot nytta med artrodeser, men även om hundarna återfår en acceptabel funktion i slutändan är det relevant att tänka på komplikationerna som uppstår på kortare sikt. Trots god chans för positiva långtidsresultat kan det i vissa fall vara värt att omvärdera behandlingsplanen baserat på besvärliga och/eller kostsamma komplikationer. Det är viktigt att djurägarna är införstådda med den höga komplikationsrisken och kostnader detta kan medföra, och även djurlidandet det skulle kunna innebära. Djurägaren behöver

kunna genomföra ett väl informerat beslut, oavsett vad beslutet blir. I vissa fall kan avlivning vara ett bättre alternativ.

Risken för hundar att behöva genomgå minst en re-operation var hög i journalstudien. En stor andel av de allvarliga komplikationerna utgjordes av detta. En hög risk för re-operation sågs även i andra studier, till exempel i studien av Sawyere *et al.* (2015). En re-operation kan i sig utgöra en stor ekonomisk kostnad såväl som ett vidare lidande för djuret, och det är viktigt att djurägare är medvetna om risken även för detta.

Risken för post-operativ infektion och därmed bruk av allmänantibiotika är också en punkt som måste tas i beaktning vid beslut om behandling och hantering av artrodeser. Andelen hundar som råkade ut för detta i journalstudien var anmärkningsvärt hög. Även i studien av Brown *et al.* (2016) sågs en hög andel post-operativa infektioner. Det är allmänt känt att användningen av allmänantibiotika ökar risken för antibiotikaresistens hos bakterier och därmed farliga bakteriella infektioner hos både människor och djur, därför man vill reservera tillämpningen av denna typ av läkemedel till det som anses nödvändigt (Aslam *et al.* 2018; WHO 2020; CDC 2021). Om artrodeser på våra husdjur bör ingå i kategorin nödvändiga ingrepp är en värderingsfråga, som i dagsläget tas upp främst mellan veterinärer och djurägare, men som kan vara relevant för alla. Det är också värt att fundera över hur den höga infektionsrisken korrelerar till chansen och tiden för återhämtning. PLUS-suturer är suturmateriel med antibakteriell beläggning som har visats minska risken för sårinfektion, men ingen studie om detta som specifikt inriktar sig på artrodeser har hittats. Det skulle vara intressant att i studier undersöka eventuella fördelar med användning av detta.

Hos katterna som var med i journalstudien sågs en hög total andel katastrofala komplikationer (42,9 %, eller tre av sju), speciellt om man jämför med andelen som sågs hos hundarna. Samtliga av dessa fall hamnade i den kategorin på grund av att komplikationerna ledde till avlivningsbeslut. Eftersom det i minst två av fallen var ekonomiska motiveringar som låg åtminstone delvis bakom beslutet, något som inte sågs hos hundarna, verkar det som att ekonomi eventuellt kan spela en större roll vid beslutstagande för katter än hundar. Som tidigare nämnt är det viktigt att djurägaren är väl införstådd med riskerna för komplikationer, och med det risken för ökade kostnader. Om den faktiska risken för katastrofala komplikationer är högre för katter även om djurägarens inställning och ekonomiska situation inte skulle spela in är svårt att säga, men är också en möjlighet. Endast sju katter ingick i denna studie vilket gör att resultatet måste tolkas med stor försiktighet, eftersom underlaget är litet.

Vikten av katterna i denna studie observeras utifrån erfarenhet som hög. Enligt litteraturen ligger normalvikten för katter på 4-5 kg (Mattern & McLennan 2000), vilket är något lägre än vikten på katterna i journalstudien. Vad detta beror på går inte att säga, och faktorer som i sig skulle kunna påverka vikten, till exempel ras eller andra individuella variationer, har inte noterats i denna studie. En annan hypotes skulle kunna vara att en hög vikt ökar risken för skador som kräver artrodes som behandling. Med en studiestorlek på endast sju katter skulle det dock också kunna bero på ren slump.

Det kan vara intressant att jämföra komplikationsrisken efter artrodes hos hundar och katter med hur det ser ut inom humanmedicinen. I en review-artikel beskrivs de vanligaste komplikationerna efter tibiotalar och tibiotocalcaneal artrodes hos människor vara utebliven fusion av benet i leden, felaktig fusion av benet i leden, infektion och sårläkningskomplikationer (Cooper 2001). Dessa komplikationer liknar de som fanns i journalstudien, speciellt om man antar att implantatproblem också ger problem med benfusionen. I en annan review-artikel rapporteras det att infektionsrisken hos patienter som genomgår ankelartrodes är 3 %, och att äldre patienter lider av förhöjd risk, 11 % (Bibbo *et al.* 2001). Jämför man infektionsrisken här med den som hittades i journalstudien ser man en mycket högre risk hos hundarna. Artikeln nämner också signifikanta långtidskomplikationer efter ankelartrodes hos människor, 30 % till 50 % får förvärrad ankelartrit efter tripelartrodes. Det stöds av en annan studie som hittade att majoriteten av patienter som genomfört en ankelartrodes hade fått förvärrade och snabbare artritrelaterade förändringar i de ipsilaterala fotlederna mot ingreppsplatsen vid uppföljning efter i genomsnitt 22 år (Coester *et al.* 2001). Utifrån detta kan man dra slutsatsen att komplikationer kan vara ett uttalat problem även inom humanmedicinen, men att komplikationsrisken ändå är högre hos hundar och katter baserat på litteratur- och journalstudien som redovisats. Fler jämförelser mellan djur och människor skulle kunna göras i ett arbete med detta som syfte, det finns många fler humanmedicinska artiklar som kan ge mer information att utgå från.

5.1.1. Använda definitioner

I denna journalstudie användes huvudsakligen definitionen för komplikationer som föreslås av Cook *et al.* (2010) för att resultatet till en viss nivå ska kunna vara standardiserat och jämförbart med resultat som tagits fram i andra studier. Studien av Anesi *et al.* (2020) baserade också definitionen av komplikation på detta sätt. Däremot använde studien av Roch *et al.* (2008) en egen definition av komplikationer. Det gör att resultatet i denna journalstudie är mer jämförbart med resultatet i studien av Anesi *et al.* än med resultatet i studien av Roch *et al.*

Vad som räknas som en ny, unik komplikation efter ett kirurgiskt ingrepp kan vara mycket svårt att definiera. En komplikation kan ofta misstänkas ha en korrelation till en tidigare uppkommen, och det är svårt att avgöra om så är fallet. Det var därför det bestämdes att komplikationer inte definierades som unika om inte patienten varit komplikationsfri under minst tre månader innan. Patienterna kan alltså ha lidit flera olika typer av komplikationer under en lång tid utan att det räknades som mer än en, och milda komplikationer som övergick till allvarliga räknades endast som en allvarlig komplikation. Allvarliga komplikationer föregås troligtvis ofta av milda komplikationer, och i olika studier skulle detta kunna redovisas på olika sätt. Till exempel skulle en viss grad av skavsår kunna leda till en hälta sedan som behandlas medicinskt, detta blir då en allvarlig komplikation. Antalet komplikationer redovisades alltså inte, det redovisades endast att en komplikation skett och allvarlighetsgraden av denna. Detta innebär att hundar, trots att de delade komplikationskategori, kan ha haft helt olika upplevda nivåer av och antal problem.

Det är även svårt att säga om ett problem uppstått delvis på grund av operationen eller ej, då den exakta bakgrunden till ett problem sällan kan fastställas. Om det är osäkert om ett problem är kopplat till operationen eller ej, till exempel då det existerade innan operationen genomfördes, bör det bedömas som möjligen kopplat till operationen. Även om ett problem existerar innan operationen skulle operationen eventuellt kunna förvärra det eller försvåra behandling/utläkning av det.

5.1.2. Studiens begränsningar

I flera journaler fanns tidsperioder utan någon anteckning, ibland saknades information från flera år fram till idag. Journalerna som användes i denna studie har tidigare förflyttats från ett äldre journalsystem till det nuvarande på UDS, men det bör inte innebära avsaknad av information. I andra fall dök inte djurägare upp på sina bokade återbesök. Oavsett orsak inkluderades även dessa journaler i studien, då det är svårt att i efterhand avgöra anledningen till saknad journalföring. Eftersom denna studie var retrospektiv gick det inte att garantera att all relevant information alltid fanns att finna vid sökning. Djurägare kan ha sökt veterinärvård hos annan vårdgivare, och därmed kan uppgifter om komplikationer saknas.

En faktor som kan påverka relevansen av informationen som har tagits fram är journalernas ålder vid genomförandet av studien. Med tidsspannet som användes kunde en journal vara upp till drygt sju år gammal, det kan betyda att förändringar som skulle påverka framtida resultat från liknande studier redan har hunnit ske. Exempel är förändringar inom kunskapsläge, utveckling av behandlingsmetoder och kompetens hos personal eller andra patientomständigheter. Flera av studierna som refererades till var relativt gamla, och det finns en risk att resultaten de presenterar inte stämmer in på nutiden.

Alla journaler lästes av en person (författaren), som både tolkade och kategoriserade informationen i dem. Faktumet att det var en person ökar risken för systemiska fel i tolkning av information och ökar risken för misstag, till exempel misstolkning av text. Ytterligare ett exempel på svaghet med retrospektiv studie är hur en journal är skriven, vilket är något som skulle kunna påverka hur den tolkas. Det är rimligt att anta att det finns skillnader mellan veterinärer hur ett problem eller komplikation beskrivs och bedöms.

5.2. Limmets potential

Från resultatet av de mekaniska testerna med de två olika limformuleringarna ses att limformuleringen med en högre andel aminosyra är flera gånger starkare än den med en lägre andel aminosyra. Om limmet är starkt nog för att kunna agera som ett komplement vid stabilisering av en led vid artrodes skulle det kunna bidra till en bättre immobilisering, och med det en möjlig chans till sänkt komplikationsrisk. Eventuellt skulle en mer stabil led kunna ge lägre risk för förflyttning av implantat, en av de vanligaste komplikationerna.

Egenskapen hos fosfoserin av att främja proliferation av osteoblaster och sänka infästningen av inflammatoriska celler på implantatytor är intressant då denna aminosyra är en av komponenterna i limmet som testades. Det skulle kunna ge potential för en ökad läkningsförmåga och snabbare benfusion av leder där limmet appliceras, om dessa egenskaper faktiskt är aktiva i limmet. Det kommer krävas fler studier på hur limmet interagerar med vävnader för att utvärdera om det har läkningfrämjande egenskaper eller ej.

Om limmet ger goda resultat i framtida studier skulle applicering kunna ingå som en standardiserad åtgärd vid artrodeser. I nuläget går det inte att säga hur eller om limmet kommer kunna användas, men styrkan limmet uppvisar ger goda förhoppningar.

5.3. Konklusion

Journalstudien visar att det var en hög risk för komplikationer efter en genomförd artrodes. För hundar verkar framförallt risken för allvarliga komplikationer vara hög. Trots detta verkar det också som att de flesta återhämtar sig och uppnår en acceptabel rörelsefunktion. Hos katter var risken för katastrofal eller allvarlig komplikation hög, men eftersom endast sju katter ingick i studien är det svårt att

dra säkra slutsatser om innebörden av resultatet. Risken för post-operativ infektion, bedömt utifrån användningen av post-operativ allmänantibiotika, var hög bland både hundar och katter. Fler studier skulle bättre kunna belysa anledningen till detta, och vilka konsekvenser det kan ha.

En pilotstudie *ex-vivo* med det nya limmet som stabiliserande medel beskrevs. Denna ger en tidig bild av limmets styrka i vävnad och tillåter spekulation omkring framtida appliceringsområden. Pilotstudien visar också att limmets, i tidigare laboratoriestudier, påvisade egenskaper finns kvar vid användning i kadavervävnad. Limmet kan, baserat på sina egenskaper, möjligen användas för att ge ökad stabilitet vid artrodes och kanske även minska komplikationsrisken, men *in vivo*-data för denna indikation saknas. Fortsatta studier om limmets egenskaper och hur det skulle kunna påverka vid användning i samband med artrodeser behöver genomföras.

Ibland kan en artrodes vara den enda chansen för ett djur att uppnå acceptabel funktion i sin lem. Vad som anses vara en acceptabel kostnad, återhämtningsschans och nivå av djurlidande är något som måste diskuteras baserat på varje djurägares situation och perspektiv, både ekonomiskt och etiskt. Veterinärens bedömningsförmåga och åsikter kan antas spela stor roll för vad en djurägare bestämmer sig för (och har möjlighet till) att göra. Informationen som finns i detta arbete kan endast ge ett ytterligare underlag för eventuella beslut, och bör endast tas i åtanke med god insikt om dess begränsningar. Framtida forskning kan ge en bättre bakgrund för veterinärer och djurägare att grunda sina beslut på. Mer kunskap och innovativa tekniker ger en förhoppning om att framtida behandlingar med artrodeser ska vara säkrare och, till den grad det är möjligt, närma sig en i regel komplikationsfri återhämtning för djuret.

Referenser

- Anesi, S., Clarke, S., Gemmill, T., Oxley, B., Pink, J., Smith, K. & Rutherford, S. (2020). Long-term outcomes after pantarsal arthrodesis with medial plate fixation without external coaptation in 30 dogs. *Veterinary Surgery*, 49 (3), 502–511. <https://doi.org/10.1111/vsu.13354>
- Aslam, B., Wang, W., Arshad, M.I., Khurshid, M., Muzammil, S., Rasool, M.H., Nisar, M.A., Alvi, R.F., Aslam, M.A., Qamar, M.U., Salamat, M.K.F. & Baloch, Z. (2018). Antibiotic resistance: a rundown of a global crisis. *Infection and Drug Resistance*, 11, 1645–1658. <https://doi.org/10.2147/IDR.S173867>
- Bibbo, C., Anderson, R.B. & Davis, W.H. (2001). Complications of midfoot and hindfoot arthrodesis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*®, 391, 45–58.
- Bojan, A.J., Stadelmann, V.A., Wu, D., Pujari-Palmer, M., Insley, G., Sundh, D., Persson, C., Engqvist, H. & Procter, P. (2022). A new bone adhesive candidate- does it work in human bone? An ex-vivo preclinical evaluation in fresh human osteoporotic femoral head bone. *Injury*, e-published ahead of print. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2022.04.007>
- Brown, G., Kalf, S., Gemmill, T.J., Pink, J., Oxley, B., McKee, W.M. & Clarke, S.P. (2016). Highly comminuted, articular fractures of the distal antebrachium managed by pancarpal arthrodesis in 8 dogs. *Veterinary Surgery*, 45 (1), 44–51. <https://doi.org/10.1111/vsu.12417>
- CDC (2021). *About Antimicrobial Resistance*. Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases (NCEZID), Division of Healthcare Quality Promotion (DHQP) <https://www.cdc.gov/drugresistance/about.html> [2022-04-05]
- Coester, L.M., Saltzman, C.L., Leupold, J. & Pontarelli, W. (2001). Long-term results following ankle arthrodesis for post-traumatic arthritis. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 83 (2), 219–228. <https://doi.org/10.2106/00004623-200102000-00009>
- Cook, J.L., Evans, R., Conzemius, M.G., Lascelles, B.D.X., McIlwraith, C.W., Pozzi, A., Clegg, P., Innes, J., Schulz, K., Houlton, J., Fortier, L., Cross, A.R., Hayashi, K., Kapatkin, A., Brown, D.C. & Stewart, A. (2010). Proposed definitions and criteria for reporting time frame, outcome, and complications for clinical orthopedic studies in veterinary medicine. *Veterinary Surgery*, 39 (8), 905–908. <https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2010.00763.x>

- Cooper, P.S. (2001). Complications of ankle and tibiototalcalcaneal arthrodesis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*®, 391, 33–44.
- Denny, H.R. & Barr, A.R.S. (1991). Partial carpal and pancarpal arthrodesis in the dog: a review of 50 cases. *Journal of Small Animal Practice*, 32 (7), 329–334.
<https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.1991.tb00943.x>
- Fettig, A.A., McCarthy, R.J. & Kowaleski, M.P. (2002). Intertarsal and tarsometatarsal arthrodesis using 2.0/2.7-mm or 2.7/3.5-mm hybrid dynamic compression plates. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 38 (4), 364–369.
<https://doi.org/10.5326/0380364>
- Fitzpatrick, N., Sajik, D. & Farrell, M. (2013). Feline pantarsal arthrodesis using pre-contoured dorsal plates applied according to the principles of percutaneous plate arthrodesis. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 26 (05), 399–407. <https://doi.org/10.3415/VCOT-12-05-0063>
- Fossum, T. (2019). *Small Animal Surgery*. 5. ed. Philadelphia, PA: Elsevier.
- Harasen, G. (2002a). Arthrodesis - Part I: The carpus. *The Canadian Veterinary Journal*, 43 (8), 641–643.
- Harasen, G. (2002b). Arthrodesis - Part II : The tarsus. *The Canadian Veterinary Journal*, 43 (10), 806–808.
- Harasen, G. (2011). Stimulating bone growth in the small animal patient: Grafts and beyond! *The Canadian Veterinary Journal*, 52 (2), 199–200.
- Johnson, K.A. (1980). Carpal Arthrodesis in Dogs. *Australian Veterinary Journal*, 56 (12), 565–573. <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1980.tb02600.x>
- Klause, S.E., Piermattei, D.L. & Schwarz, P.D. (1989). Tarso-crural Arthrodesis: Complications and Recommendations. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 02 (3), 119–124. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1633208>
- Liu, X., Pujari-Palmer, M., Wenner, D., Procter, P., Insley, G. & Engqvist, H. (2019). Adhesive cements that bond soft tissue ex vivo. *Materials*, 12 (15), 2473.
<https://doi.org/10.3390/ma12152473>
- Mattern, M.Y. & McLennan, D.A. (2000). Phylogeny and speciation of felids. *Cladistics*, 16 (2), 232–253. <https://doi.org/10.1111/j.1096-0031.2000.tb00354.x>
- Meeson, R.L., Goodship, A.E. & Arthurs, G.I. (2012). A biomechanical evaluation of a hybrid dynamic compression plate and a castless arthrodesis plate for pancarpal arthrodesis in dogs. *Veterinary Surgery*, 41 (6), 738–744.
<https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.2012.00985.x>
- Merolli, A. & Santin, M. (2009). Role of phosphatidyl-serine in bone repair and its technological exploitation. *Molecules*, 14 (12), 5367–5381.
<https://doi.org/10.3390/molecules14125367>
- Parker, R.B., Brown, S.G. & Wind, A.P. (1981). Pancarpal arthrodesis in the dog: A review of forty-five cases. *Veterinary Surgery*, 10 (1), 35–43.
<https://doi.org/10.1111/j.1532-950X.1981.tb00627.x>

- Penwick, R.C. (1987). Arthrodesis. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 17 (4), 821–840. [https://doi.org/10.1016/S0195-5616\(87\)50079-1](https://doi.org/10.1016/S0195-5616(87)50079-1)
- Pujari-Palmer, M., Guo, H., Wenner, D., Autefage, H., Spicer, C.D., Stevens, M.M., Omar, O., Thomsen, P., Edén, M., Insley, G., Procter, P. & Engqvist, H. (2018). A Novel class of injectable bioceramics that glue tissues and biomaterials. *Materials*, 11 (12), 2492. <https://doi.org/10.3390/ma11122492>
- Roch, S.P., Clements, D.N., Mitchell, R. a. S., Downes, C., Gemmill, T.J., Macias, C. & McKee, W.M. (2008). Complications following tarsal arthrodesis using bone plate fixation in dogs. *Journal of Small Animal Practice*, 49 (3), 117–126. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5827.2007.00468.x>
- Sawyer, D., Jerram, R. & Walker, A. (2015). Long-term follow-up of working dogs in New Zealand following pancarpal arthrodesis using dorsal hybrid plating. *New Zealand Veterinary Journal*, 63 (6), 326–329. <https://doi.org/10.1080/00480169.2015.1034218>
- Schulz, K. & Hayashi, K. (2019). Diseases of the joints. In: Fossum, T. (ed.) *Small Animal Surgery*. 5th. ed Philadelphia, PA: Elsevier, 1134–1279.
- Van Erk, M., Van Luijk, J., Yang, F., Leeuwenburgh, S.C.G., Sánchez-Fernández, M.J., Hermans, E., Félix Lanao, R.P. & Van Goor, H. (2022). A systematic review and meta-analyses on animal models used in bone adhesive research. *Journal of Orthopaedic Research*, 40 (3), 624–633. <https://doi.org/10.1002/jor.25057>
- Wang, Y., Li, Z., Wong, D.W.-C. & Zhang, M. (2015). Effects of ankle arthrodesis on biomechanical performance of the entire foot. *PloS One*, 10 (7), e0134340. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134340>
- Whitelock, R.G., Dyce, J. & Houlton, J.E.F. (1999). Metacarpal fractures associated with pancarpal arthrodesis in dogs. *Veterinary Surgery*, 28 (1), 25–30. <https://doi.org/10.1053/jvet.1999.0025>
- WHO (2020). *Antibiotic resistance*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antibiotic-resistance> [2022-04-05]

Tack

Jag vill utfärda ett stort och varmt tack till min handledare Odd Höglund, som har hjälpt mig att genomföra detta arbete. Han har aktivt hjälpt till med skrivningen då han behövdes som mest, och har givit många goda råd.

Jag vill även tacka min biträdande handledare Michael Palmer för den entusiastiska hjälp han givit. Han har introducerat mig till sin spännande forskning om benlim, och har bidragit till alla delar som behandlar benlimmet i detta arbete.

Populärvetenskaplig sammanfattning

En artrodes (steloperation) är ett operativt ingrepp som avser att genom immobilisering av en led öka den totala rörelsefunktionen i en extremitet. Efter en artrodes åstadkoms en sammanväxning av benytorna i leden. Det är känt sedan tidigare att komplikationsrisken för artrodeser är relativt hög, varför mer kunskap om dem och deras utfall är fördelaktigt för att kunna fatta evidensbaserade beslut som gagnar djur och djurägare.

I detta arbete genomfördes en retrospektiv journalstudie, utförd på Universitetsdjursjukhuset smådjur. Det innebär att journaler från tidigare besök analyserades, och att journalerna fanns redan innan studien påbörjades. Debiteringskoder för behandlingarna som ingick i studien, partiell artrodes karpus, partiell artrodes tarsus, panartrodes karpus och panartrodes tarsus, användes för att identifiera journaler från år 2014 till och med år 2020 .

Ytterligare en delstudie utfördes. I en kadavermodell testades ett innovativt benlim och mekaniska egenskaper mellan limmade benstrukturer undersöktes.

39 patientjournaler för djur som genomgått artrodes identifierades, varav 31 hundar, sju katter och en kanin. Komplikationer som uppstod delades in i tre kategorier: katastrofala, allvarliga och milda. Allvarliga komplikationer delades ytterligare upp i typ ett (kirurgisk behandling) och typ två komplikationer (medicinsk behandling). Även komplikationen infektion beskrevs. Katastrofala komplikationer drabbade en hund och tre katter, allvarliga komplikationer drabbade 24 hundar och två katter, milda komplikationer drabbade sju hundar och två katter. Infektion drabbade 21 hundar och fyra katter. Några av komplikationerna krävde ytterligare kirurgiska åtgärder. Hos hundarna genomfördes 28 re-operationer på 17 individer, medan det hos katterna genomfördes tre re-operationer på två individer. Kunskap om komplikationer till artrodeser kan ge underlag för beslut om behandlingar och framtida studier.

Utvärdering av mekaniska egenskaper för benlimmet visade att limmet höll för högre krafter när andelen aminosyra var 30 % jämfört med när andelen var 15 % i limberedningen.

Efter en artrodes brukar den opererade leden fixeras för att ge stabilitet, vilket tillåter sammanväxningen av benytorna i leden. Benlimmet kan möjligen vara till nytta vid artrodes, för att ge ytterligare stabilitet i samband med traditionell fixering (osteosyntes). Fler studier om limmets egenskaper behövs.