

Zur Therapie von Erkrankungen des medialen
Ellbogenkompartiments unter besonderer Berücksichtigung des
fragmentierten Processus coronoideus medialis der Ulna (FCP)
beim Hund – eine Systematische Übersicht mit Meta-Analysen

von Hubertus Christian Kähn

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

Zur Therapie von Erkrankungen des medialen
Ellbogenkompartiments unter besonderer Berücksichtigung des
fragmentierten Processus coronoideus medialis der Ulna (FCP)
beim Hund – eine Systematische Übersicht mit Meta-Analysen

von Hubertus Christian Kähn

aus Newark, Delaware, USA

München 2024

Aus dem Zentrum für Klinische Tiermedizin der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Chirurgie der Kleintiere

Arbeit angefertigt unter der Leitung von:

Univ.- Prof. Dr. Andrea Meyer-Lindenberg

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

Berichterstatter: Univ.- Prof. Dr. Andrea Meyer-Lindenberg

Korreferent: Priv.-Doz. Dr. Sven Reese

Tag der Promotion: 6. Juli 2024

INHALTSVERZEICHNIS

I.	EINLEITUNG	1
II.	LITERATURÜBERSICHT	3
1.	Anatomie des caninen Ellbogengelenks.....	3
2.	Entwicklungsbedingte Erkrankungen des Ellbogengelenks	4
2.1.	Ellbogendysplasie allgemein.....	4
2.2.	Erkrankungen des medialen Kompartiments	5
2.2.1.	Fragmentierter processus coronoideus medialis der Ulna (FPC).....	5
2.2.2.	Osteochondrosis dissecans (OCD).....	6
2.3.	Weitere Erkrankungen des Krankheitskomplexes ED	7
2.3.1.	Ellbogengelenksinkongruenz (EI).....	7
2.3.2.	Isolierter Processus anconeus (IPA).....	8
3.	Therapiemethoden bei Erkrankungen des medialen Ellbogenkompartiments	8
3.1.	Konservative Therapie	8
3.2.	Arthrotomie	10
3.3.	Arthroskopie.....	10
3.4.	Weitere chirurgische Optionen.....	12
4.	Systematische Übersicht	13
4.2.	Schritte zum Durchführen einer Systematischen Übersichtsarbeit.....	15
4.2.1.	Schritt 1: Formulierung der Frage.....	15
4.2.2.	Schritt 2: Relevante Literatur identifizieren.....	15
4.2.3.	Schritt 3: Qualität der Literatur bewerten	15
4.2.4.	Schritt 4: Evidenz zusammenfassen.....	16
4.2.5.	Schritt 5: Ergebnisse interpretieren.....	17
4.3.	Publikationsbias und weitere systematische Abweichungen	17
5.	Meta-Analyse	18
5.1.	Allgemeines.....	18
5.2.	Unterschied zwischen „Fixed-Effects“- und „Random-Effects“-Modell .	18
5.2.1.	Fixed-Effects-Model	19
5.2.2.	Random-Effects-Modell.....	19
5.3.	Forest-Plot	20

5.4.	Statistiksoftware „R“	21
III.	PUBLIKATION	22
IV.	DISKUSSION	32
V.	ZUSAMMENFASSUNG	37
VI.	SUMMARY.....	38
VII.	LITERATURVERZEICHNIS.....	39
VIII.	DANKSAGUNG.....	68

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BODPUO	<i>Bioblique dynamic proximal ulnar osteotomy</i>
CBPI.....	<i>Canine Brief Pain Inventory</i>
CUE.....	<i>Unikompartmenteller Ellbogen beim Hund</i>
ED	<i>Ellbogengelenkdysplasie</i>
EI.....	<i>Ellbogengelenksinkongruenz</i>
FPC.....	<i>Fragmentierter Processus coronoideus medialis ulnae</i>
H ₀	<i>Nullhypothese</i>
IEWG	<i>International Elbow Working Group</i>
IOHC	<i>inkomplette Ossifikation des Kondylus humeri</i>
IPA	<i>Isolierten Processus anconaeus</i>
LOAD.....	<i>Liverpool Osteoarthritis in Dogs score</i>
MEHB	<i>Metaplasie der am medialen Epicondylus humeri ansetzenden Beugesehnen</i>
NSAID.....	<i>Nicht-steroidale Antiphlogistika</i>
OCD	<i>Osteochondrosis Dissecans</i>
OR	<i>Odds Ratio</i>
PAUL	<i>Proximal abducting ulnar osteotomy</i>
PUO.....	<i>Proximale Ulnaosteotomie</i>
SHO.....	<i>Sliding humeral osteotomy</i>
SMD	<i>Standardisierte mittlere Differenz</i>
TER.....	<i>Totalendoprothese des caninen Ellbogen</i>

I. EINLEITUNG

Die Ellbogengelenkdysplasie (ED) ist eine erbliche Anomalie des Ellbogengelenks und tritt häufig bei wachsenden Hunden mittelgroßer und großer Rassen auf (Guthrie 1989). In vielen Fällen sind beide Ellbogen betroffen. Dabei sind männliche Hunde etwa doppelt so häufig betroffen wie Hündinnen (Meyer-Lindenberg et al. 2006). Es handelt sich um ein Krankheitskomplex, der laut International Elbow Working Group (IEWG) vier verschiedene Pathologien umfasst. Diese sind: Der fragmentierte Processus coronoideus medialis der Ulna (FPC), die Osteochondrosis dissecans des medialen Humeruscondylus (OCD), der isolierte Processus Anconeus (IPA) und die Ellbogengelenksinkongruenz (EI) (IEWG International Elbow Working Group 2023).

Obwohl der FPC mit einem Anteil von 65 % an allen Fällen von Ellbogendysplasie die häufigste Form von ED-verursachenden Läsionen (Van Ryssen und van Bree 1997) darstellt, können andere Pathologien des medialen Ellbogenkompartiments ähnliche Schmerzen und daraus resultierende Lahmheit verursachen. Forschungen und Studien, die die arthroskopischen Befunde des medialen Ellbogens untersuchten, umfassten Knorpelfibrillationen und Erosionen von Knorpel und/oder Knochen, chondromalazieähnliche Läsionen und nicht verschobene Fragmente und Fissuren (Fitzpatrick et al. 2009, Vermote et al. 2010). Obwohl sie meistens eine Begleiterkrankung des FPC sind, können sie oft auch als alleinige Erkrankung existieren (Voorhout und Hazewinkel 1987, Read et al. 1990, Van Ryssen und van Bree 1997, Meyer-Lindenberg et al. 2002).

Der Begriff „mediales Kompartimentsyndrom“ (medial compartment syndrom) wird teils synonym zur Wortzusammensetzung „Erkrankung des medialen Kompartiments“ (medial compartment disease) verwendet und ist in der Literatur nicht einheitlich definiert. So interpretieren ihn einige Autoren anatomisch und schließen somit den FPC, die OCD sowie Knorpel- und Knochenläsionen im medialen Kompartiment unter dem Begriff zusammen (Kramer et al. 2006). Weitere Autoren benutzen ihn alternativ zum FCP für Fissuren oder Frakturen des Processus coronoideus medialis der Ulna mit oder ohne Knorpelläsionen (Cook et al. 2015). Für andere Autoren dient der Begriff als Bezeichnung einer ED mit einem bestimmten Ausmaß oder Grad ab Auftreten von meist sekundären Knorpelläsionen

im medialen Kompartiment (Fitzpatrick et al. 2009, Serrani et al. 2022). Eine weitere Gruppe vermeidet den Begriff aufgrund des Fehlens einheitlicher Definitionen gänzlich (Coppieters et al. 2015).

Es gibt Meinungsverschiedenheiten darüber, welche chirurgische Methoden bei den genannten Erkrankungen überlegen ist oder ob eine konservative Behandlung eine realistische Alternative darstellt (Bouck et al. 1995, Baldus 2013, Barthelemy et al. 2014, Dempsey et al. 2019).

Zu Therapiemöglichkeiten und -ergebnissen bei der Erkrankungen des medialen Ellbogenkompartiments existieren viele Literaturübersichten (Walde und Tellhelm 1991, Scott 1998, Samoy et al. 2006, Fitzpatrick und Yeadon 2009, Samoy et al. 2011, Michelsen 2013, Coppieters et al. 2015) wobei davon nur eine aus dem Jahr 2008 mit vier inkludierten Primärstudien als systematisches Review angefertigt wurde (Evans et al. 2008). Diese ergab, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 1,0, die Arthroskopie bessere Ergebnisse als die konservative Behandlung liefert. Somit sei gesichert, dass eine Arthroskopie bei vorliegenden FCP der konservativen Behandlung überlegen ist (Evans et al. 2008). Weitere Aussagen dieser Studie waren, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,91 die Arthroskopie der Arthrotomie überlegen und die Arthrotomie der konservativen Behandlung mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,62 überlegen ist.

Da es bisher in jüngerer Zeit keine weiteren systematischen Übersichtsarbeiten mit Meta-Analysen über den Behandlungserfolg der ED gibt, war es Ziel dieser Arbeit, die Ergebnisse anhand einer möglichst umfassenden Studienzahl bis in das Jahr 2022 zu untersuchen.

II. LITERATURÜBERSICHT

1. Anatomie des caninen Ellbogengelenks

Das Ellbogengelenk besteht aus zwei anatomisch ungleichen Scharnier- oder Wechselgelenken: dem Humeroulnargelenk und dem Humeroradialgelenk. Gemäß der aktuellen Nomenklatur der *Nomina Anatomica Veterinaria* gehören nur diese beiden Gelenke (*Art. humeroulnaris* und *Art. humeroradialis*) zum Ellbogengelenk (*Art. cubiti*) (World Association of Veterinary Anatomists. International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature 2017). In der humanmedizinischen Nomenklatur wird auch das *Art. radioulnaris proximalis* einbezogen (Sobotta et al. 2017). Während der Flexion des Gelenks bewegt sich die Ulna nach innen, während der *Processus anconeus* leicht seitlich gedreht wird. Das *Ligamentum olecrani* begrenzt sowohl die Flexion als auch die seitliche Bewegung. Letztere verhindert eine Luxation des *Processus anconeus*. Bei Streckung des Ellbogengelenks verringert sich einerseits die Artikulation des Humerus mit der Ulna, während andererseits die Artikulation mit dem Radius zunimmt. Während der Fortbewegung dreht der Unterarm um einen zentralen Punkt im Ellbogengelenk. Dabei rotiert der Humerus medial um diesen zentralen Drehpunkt, wobei neben axialen Kräften auch deutliche quer gerichtete Kräfte auftreten, sodass sich der *Processus anconeus*, der laterale *Epicondylus humeri*, der *Processus coronoideus medialis* der Ulna und die *Trochlea humeri* intensiv berühren (Maierl 2003). Aufgrund der größeren Belastung ist der *Processus coronoideus medialis* der Ulna deutlich größer und die Knochendichte entsprechend höher. Eine Außenrotation oder Varusstellung des Ellbogengelenks erhöht die Belastung auf das mediale Coronoid. Zudem werden der *Musculus biceps brachii*, der *Musculus brachialis* und das mediale Seitenband stärker belastet, was eine Disposition für einen FPC schafft (Burgess 2006). In-vitro-Studien haben gezeigt, dass etwa 51-52 % der Last vom *Capitulum humeri* auf den Radius (*Caput radii*) und 48-49 % von der *Trochlea humeri* auf die Ulna (*Incisura trochlearis*) übertragen werden (Mason et al. 2005). Bei Pronation fungiert der *Processus anconeus* als einziger Stabilisator des Ellbogengelenks, während bei Supination das laterale Seitenband die Hauptstabilisator ist. Bei 90°-Flexion sind die Seitenbänder die Hauptstabilisatoren. Das *Ligamentum anulare radii* verhindert die Luxation des Radius (Salomon et al. 2020).

2. Entwicklungsbedingte Erkrankungen des Ellbogengelenks

2.1. Ellbogendysplasie allgemein

Die Ellbogengelenksdysplasie (ED) ist die häufigste Ursache für eine Lahmheit der Vordergliedmaße beim Hund und gilt insgesamt als eine der häufigsten erblich bedingten Erkrankungen des Hundes (Morgan et al. 1999, Morgan et al. 2000). Dieses Krankheitsbild umfasst vier Erkrankungskomplexe: Den fragmentierter Processus coronoideus medialis der Ulna (FPC), Osteochondrosis dissecans der Trochlea humeri (OCD), den isolierten Processus anconaeus (IPA) und die Ellbogengelenksinkongruenz (EI) mündet in einer Ellbogengelenksarthrose, auch genannt Cubarthrose (Fox et al. 1983, Bonath und Prieur 1998, Morgan et al. 2000, IEWG International Elbow Working Group 2023).

Die beobachtete Prädisposition bei bestimmten Rassen mit einer Prävalenz von 17 % bei Labrador Retrievern (Morgan et al. 1999) und bis zu 70 % bei Berner Sennenhunden (Hazewinkel et al. 1995) deutet auf einen genetischen Faktor bei der Entstehung der ED hin. Dank gezielter Zuchtentscheidungen konnte in Schweden die Häufigkeit von Ellbogengelenksarthrosen bei Rottweilern und Berner Sennenhunden (Swenson et al. 1997) und in Neuseeland bei Deutschen Schäferhunden, Labrador Retrievern und Rottweilern verringert werden (Worth et al. 2010). Auch eine Deutsche Studie bei Berner Sennenhunden berichtet von stetig ansteigenden Anteil röntgenologisch ED-freier Hunden, was diese ebenfalls auf den Erfolg der selektiven Zucht zurückführt (Beuing et al. 2005).

Die im Folgenden weiter beschriebenen verschiedenen Formen des Krankheitskomplexes ED können einzeln oder in Kombination sowohl in einem Gelenk als auch bilateral auftreten (Wind und Packard 1986, Cook 2001, Meyer-Lindenberg et al. 2006).

Differentialdiagnostisch sollten die inkomplette Ossifikation des Condylus humeri (IOHC) und die Metaplasie der am medialen Epicondylus humeri ansetzenden Beugesehnen (MEHB) als Lahmheitsursache der Vordergliedmaße in Betracht gezogen werden (Robin und Marcellin-Little 2001, Meyer-Lindenberg et al. 2002, de Bakker et al. 2011, de Bakker et al. 2012, Van Ryssen et al. 2012, de Bakker et al. 2013). Diese werden von einigen Autoren oft im Zusammenhang mit der ED genannt, werden von der IEWG aber nicht zu dem Krankheitskomplex ED gezählt (Hazewinkel 2007).

2.2. Erkrankungen des medialen Kompartiments

2.2.1. Fragmentierter processus coronoideus medialis der Ulna (FPC)

Die Fragmentierung des medialen Processus coronoideus ist die häufigste Erkrankung des Ellbogengelenks und stellt bei jungen Hunden mittlerer bis großer Rassen die Hauptursache für Schmerzen und Lahmheit der Vordergliedmaßen dar (Fitzpatrick et al. 2009, Krotscheck et al. 2014).

Es hat sich gezeigt, dass der FPC genetisch bedingt ist (Lau et al. 2013). Welpen, die davon betroffen sind, kommen mit normalen Ellbogen zur Welt. Doch schon nach 14 Lebenswochen kann eine verzögerte endochondrale Verknöcherung des Processus coronoideus medialis der Ulna festgestellt werden (Lau et al. 2015). Mit fortschreitender Reifung zeigt der trabekuläre Knochen des Processus coronoideus eine veränderte Ausrichtung, was auf ungewöhnliche physiologische Belastung hinweist. Es gibt Unterschiede in der Ausrichtung zwischen den Rissen und Fragmentierungen an der Coronoid-Spitze und denen entlang der radialen Einkerbung des medialen Coronoids (Danielson et al. 2006) die in drei Grundformen eingeteilt werden können: Apikale Fissur, vordere Fraktur und seitlich-mediale Fraktur (Brunnberg et al. 2014). Zahlreiche Theorien zur Entstehung der Schäden im Gelenk wurden aufgestellt. Ellbogengelenksinkongruenz (EI) ist ein häufig vermuteter Auslöser für Pathologien am medialen Processus coronoideus. Sie ist definiert als eine unphysiologische Artikulation oder Ausrichtung der Incisura trochlearis der Ulna, dem Radiuskopf und dem Condylus humeri (Wind und Packard 1986, Werner et al. 2009). Dies könne durch einen relativ zu kurzen Radius entstehen, wodurch die Last auf den medialen Processus coronoideus zu groß wird. Alternativ wird eine Unterentwicklung der Incisura trochlearis der Ulna postuliert (Wind und Packard 1986, Gemmill und Clements 2007). Die zu kleine Incisura trochlearis, würde dann nicht ausreichen, um den Condylus humeri aufzunehmen, was anschließend zu einer Aufweitung des Gelenkspaltes und zu einer erhöhten Belastung auf den Processus coronoideus und den Processus anconeus führt (Wind und Packard 1986, Gemmill et al. 2005). In einer Studie konnten rassespezifische Unterschiede im Radius der Incisura trochlearis der Ulna festgestellt werden. Sie sah aber keinen Zusammenhang zwischen diesen Unterschieden und der Ursache oder Pathogenese des FPC (Collins et al. 2001). Ebenfalls wird beschrieben, dass sowohl axiale Inkongruenzen als auch ein erhöhter interner Rotations-Scherstress zur Entstehung

eines FPC beitragen könnten (Eljack und Böttcher 2015, Fitzpatrick et al. 2016).

Die ersten Anzeichen von Lahmheit bei FPC treten üblicherweise im Alter von etwa vier bis sieben Monaten auf (Denny und Gibbs 1980, Hazewinkel et al. 1988, Meyer-Lindenberg 2001). Am häufigsten manifestiert sich jedoch die Lahmheit im Zeitraum zwischen dem fünften und zwölften Lebensmonat (Voorhout und Hazewinkel 1987, Lewis et al. 1989). Seltener sind Hunde im späteren Leben (über sechs Jahre alt) betroffen (Berzon und Quick 1980). Diese Patienten können zu diesem Zeitpunkt erst klinische Anzeichen zeigen und haben möglicherweise zuvor keine Lahmheitsgeschichte (Fitzpatrick et al. 2009, Vermote et al. 2010).

Diese Erkrankung kann sich allein als Fragmentierung, durch Mikrofrakturen oder durch Risse des Processus coronoideus medialis der Ulna oder zusammen mit einer Vielzahl weiterer Pathologien, darunter Verdichtung des subchondralen Knochens und Knorpelabnutzung, darstellen (Meyer-Lindenberg et al. 2003, Vermote et al. 2010).

2.2.2. Osteochondrosis dissecans (OCD)

Die Osteochondrosis dissecans ist eine Knorpelwachstumsstörung, die konvexe Gelenkflächen am Schulter-, Ellbogen-, Knie- und Sprunggelenk betrifft und sich im 4. bis 7. Lebensmonat manifestiert (Milton 1983). Schnell wachsende Hunde, insbesondere großer Rassen, sind anfällig für diese Knorpelwachstumsstörung. Eine liegt eine gestörte enchondrale Ossifikation aufgrund unzureichender Chondrozytendifferenzierung vor (Cook 2001). Die reduzierte Durchblutung des defekten Knorpels führt zu einer verminderten Aktivität der Chondroklasten. Dies wiederum behindert den Abbau der vorhandenen Knorpelzellen und die Bildung von Knochengewebe (Olsson 2012). Die Folge ist eine Zunahme der Knorpeldicke im Bereich des Defekts. Wenn der Defekt eine bestimmte Dicke erreicht, kann die Synovia nicht mehr ausreichend zu den tiefer liegenden Knorpelzellen diffundieren, was zu Degeneration und Nekrose führt (Olsson 2012). Im Verlauf können Knorpelfragmente vom subchondralen Knochen am osteochondrotischen Defekt abgelöst werden, was als Dissekatbildung bezeichnet wird. Diese Fragmente können im Gelenk verbleiben oder sich von der Basis lösen und im Gelenk dislozieren, was sekundäre Osteoarthrose verursachen kann (Schawalder 1990). Die genaue Ätiologie der OCD ist noch nicht vollständig verstanden, jedoch werden genetische Faktoren, Ernährung, hormonelle Ungleichgewichte, Trauma und

Ischämie als mögliche Ursachen diskutiert (Ekman und Carlson 1998). In einer retrospektiven Studie an 108 Hunden mit OCD wurde festgestellt, dass das Schultergelenk am häufigsten betroffen ist, während Ellbogen-, Sprung- und Kniegelenke seltener betroffen sind (Horst 2000). Die Trochlea humeri ist die häufigste Lokalisation einer OCD am Ellbogengelenk. Sowohl konservative als auch chirurgische Therapien werden empfohlen, wobei die chirurgische Entfernung des Dissekats an erster Stelle steht (Horst 2000, Meyer-Lindenberg et al. 2006, Roush et al. 2010).

2.3. Weitere Erkrankungen des Krankheitskomplexes ED

2.3.1. Ellbogengelenksinkongruenz (EI)

Die EI kann als humeroradial, humeroulnar (Inkongruenz der Incisura trochlearis und des Condylus humeri) und radioulnar (Inkongruenz des Caput radii und der Incisura radii der Ulna) klassifiziert werden (Mason et al. 2002, Puccio et al. 2003). Es wird angenommen, dass sie eine wesentliche Rolle in der Ätiopathogenese der entwicklungsbedingten Ellbogengelenkserkrankungen spielt (Mason et al. 2002, Puccio et al. 2003, Holsworth et al. 2005, Danielson et al. 2006, Kramer et al. 2006, Meyer-Lindenberg et al. 2006, House et al. 2009, Proks et al. 2011). Eine radioulnare Stufe und Inkongruenz zwischen Trochlea humeri und Incisura trochlearis der Ulna sind die am häufigsten beschriebenen Arten der Inkongruenz bei Hunden (House et al. 2009, Proks et al. 2011, Samoy et al. 2012); jedoch wird auch angenommen, dass radioulnare Inkongruenz in einer transversalen Ebene an der Pathogenese der FPC beteiligt ist (Fitzpatrick und Bertran 2011). In der transversalen Ebene der Pronation und Supination rotiert der Radius der Incisura radialis zwischen den Processus coronoideus medialis und lateralis bei normalen Hunden ohne Widerstand. Die Ulna bewegt sich aufgrund von Bewegungseinschränkung durch die Incisura trochlearis in der Trochlea humeri in geringerem Maße als der Radiuskopf (Cuddy et al. 2011). Bei Rissbildung und Fragmentierung des Processus coronoideus wurde postuliert, dass dies bei einigen Hunden auch auf morphologische Knocheninkongruenz zwischen Caput radii und Incisura radialis sowie auf dynamische Kräfte, die von muskulotendinösen Strukturen wie des Biceps brachii-Komplexes ausgeübt werden, zurückzuführen sein kann (Hulse et al. 2010).

2.3.2. Isolierter Processus anconeus (IPA)

Die Vererbung des IPA gilt bei einigen Rassen, wie dem Deutschen Schäferhund (Corley et al. 1968, LaFond et al. 2002) aber auch dem Basset Hound, Berner Sennenhund, Shar-pei, Chow Chow, Englischer Setter, Golden Retriever, Labrador Retriever, Mastiff, Neufundländer, Zwergspitz, Rottweiler und Bernhardiner als erwiesen (LaFond et al. 2002). Je nach Alter tritt die Erkrankung bei 7 – 13 % aller Hunden mit ED auf (Hebel et al. 2021). Die Pathogenese des IPA ist nicht vollständig geklärt. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass das Krankheitsgeschehen mit dem Ausbleiben der Fusion des Processus anconeus und der Ulna – normalerweise zwischen dem vierten und fünften Lebensmonat – ausbleibt (Hermanson und de Lahunta 2019). Dies unterscheidet sich aber von Rasse zu Rasse. So tritt der IPA beim Greyhound nicht auf, was vermuten lässt, dass die Geschwindigkeit der knöchernen Durchbauung, die beim Greyhound vier bis sechs Wochen schneller als beim Schäferhund abläuft, eine Rolle spielt (Van Sickle 1966). Bei kleinen Hunderassen findet die Ossifikation des Processus anconeus von der Basis zur Spitze statt. Da es kein separates Ossifikationszentrum gibt, tritt der IPA bei kleinen Hunden nicht auf (Cawley und Archibald 1959). Begünstigend könnte ein relativ zu langer Radius die Trochlea humeri nach proximal drücken, was in einem vermehrtem Druck auf den Processus anconeus resultiert und somit den Gelenkknorpel und das Ossifikationszentrum schädigt (Olsson 2012). Diese Schädigungen manifestieren sich in einer Ischämie, Degeneration und multifokalen Mineralisationen (Trostel et al. 2003). Der IPA kann auch zusammen mit einem FPC auftreten (Meyer-Lindenberg et al. 2006).

3. Therapiemethoden bei Erkrankungen des medialen Ellbogenkompartiments

3.1. Konservative Therapie

Bei einer Entscheidung für die konservative Behandlung liegt der Fokus auf verschiedenen Prinzipien. Ein wichtiges Element ist das Gewichtsmanagement. Alle Hunde mit Gelenkerkrankungen profitieren von einer Gewichtsreduktion, da Übergewicht die Gelenke belastet und den Fortschritt degenerativer Prozesse beschleunigt. Eine kontrollierte Gewichtsreduktion kann die Symptome einer Osteoarthritis reduzieren und die Notwendigkeit einer antiphlogistischen Behandlung verringern (Kealy et al. 2002). Ergänzend dazu sollten Omega-3-

Fettsäuren und chondroprotektive Wirkstoffe in die Ernährung integriert werden, um Entzündungen zu verringern und den Knorpel zu schützen (Moreau et al. 2012).

Körperliche Aktivität sollte kontrolliert und angepasst an den jeweiligen Zustand des Hundes sein. Physiotherapie kann einen signifikanten Nutzen bringen. Sie zielt darauf ab, die Muskelkraft zu stärken, die volle Bewegungsamplitude wiederherzustellen und die Ausdauer zu verbessern (Sharp 2008).

Zudem sind nicht-steroidale Antiphlogistika (NSAID) ein gängiger Bestandteil der konservativen Behandlung von degenerativen Gelenkerkrankungen, da sie Entzündungsmediatoren reduzieren (Doig et al. 2000).

In einer Studie mit insgesamt 67 Hunden wurden über sechs Wochen eine nicht genauer bekannt gegebene Kombination aus NSAID mit und ohne Paracetamol/Codein sowie Leinenzwang über acht Wochen und Gewichtsreduktion verschrieben. Sie verwendeten den Liverpool Osteoarthritis in Dogs score (LOAD), den Canine Brief Pain Inventory Pain Severity Score (CBPI-PSS) und Canine Brief Pain Inventory Pain Interference Score (CBPI-PIS) und verglichen die konservativ behandelten Hunde (n= 23) mit einer arthroskopisch behandelten Gruppe (n= 44). 78,3 % in der konservativen und 81,8 % der Besitzer in Arthroskopiegruppe gaben eine sehr gute bis exzellente Lebensqualität ihrer Hunde an. Jedoch konnte zwischen der arthroskopischen und den konservativen Therapien kein signifikanter statistischer Unterschied nachgewiesen werden (Dempsey et al. 2019).

In einer weiteren Studie mit insgesamt 20 Hunde mit FCP wurden neun Hunde mittels sechswöchiger Therapie mit Tepoxalin, Bewegungseinschränkung und Leinenzwang behandelt. Diese wurde mittels Ganganalyse mit einer Arthroskopiegruppe (n= 11) verglichen. Diese Studie konnte ebenfalls keinen Unterschied 52 Wochen nach der Intervention zwischen beiden Gruppen feststellen (Burton et al. 2011).

In älteren Studien dominiert die arthrotomische Entfernung des FCP und deren Vergleich mit der konservativen Therapie. So konnte in einer Studie mit einer Probandenzahl von 13 chirurgischen und neun konservativ behandelten Hunden, kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (Huibregtse et al. 1994). Auch wird ein starker Placebo-Effekt vermutet: Die Besitzer, die für die Evaluation des OP-Erfolgs verantwortlichen waren und die Arthrotomie als Behandlung für ihren Hund gewählt hatten, waren oft der Meinung, alles medizinisch Mögliche für ihren

Hund investiert zu haben (Huibregtse et al. 1994).

Eine Studie an gesunden (n= 6) Labrador Retrievern und Labrador Retrievern mit ED (n= 6) legt nahe, dass Hydrotherapie die Beweglichkeit des Ellbogengelenks und die Schrittlänge beider Gruppen signifikant erhöht (Preston und Wills 2018).

3.2. Arthrotomie

Die chirurgische Versorgung von Erkrankungen des medialen Kompartiments beruht meist auf der Darstellung der pathologischen Gelenkveränderung (FCP, OCD, Knorpelusura) und Entfernung der Knorpelschuppe, des gesamten oder Teilen des Coronoids und Abtragung der veränderten Knorpelflächen.

Bereits 1978 wurde der mediale Zugang mittels Auftrennung und Retraktion der Musculi pronator teres und flexor carpi radialis sowie anschließender Entfernung von Knorpelschuppen und Debridement des subchondralen Ulzers mit vielversprechenden Ergebnissen beschrieben (Robins 1978). Dies wird durch spätere Autoren weiter ausgeführt. In zwei folgenden Studien, in denen 17 und zehn Hunde mit OCD oder FCP operiert wurden, waren einmal drei von vier Hunden mit FCP und sieben von neun mit OCD ein Jahr nach Operation lahmfrei (Denny und Gibbs 1980) bzw. in einer anderen Studie hatten sieben von zehn (ohne Differenzierung zwischen FCP und OCD) ein deutlich verbessertes Lahmheitsscore nach neun Monaten (Bouck et al. 1995). Eine weitere Studie, die sowohl den bereits beschriebenen Zugang als auch den seltener genutzten Zugang über eine Osteotomie des medialen Epicondylus wählte, fand keinen Unterschied im Operationsergebnis beider Zugänge (Tobias et al. 1994).

3.3. Arthroskopie

Viele Studien beschreiben die Vorteile der Arthroskopie gegenüber der Arthrotomie; im Speziellen eine überlegene Übersicht im Gelenk, geringere Invasivität, reduzierte OP-Dauer, geringere Morbidität, schnellere Genesung und eine geringere Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer septischen Arthritis (van Ryssen et al. 1993, Meyer-Lindenberg et al. 2003, Capaldo et al. 2005, Ridge 2011)

Die Anwendung am Ellbogen liegt in der Bestätigung der Diagnose und Behandlung der Erkrankung. Sie wird zur Entfernung des FCP und der OCD sowie zur Entnahme von Biopsien bei Synovitis und abnormalem intraartikulärem Gewebe verwendet (Fossum 2020). Die arthroskopische Entfernung des FPC und

die Behandlung der OCD ist mittlerweile ein weit verbreiteter Eingriff (Coghill et al. 2020).

Bei der arthroskopischen Therapie der OCD werden vorhandene Dissekte entfernt und das defekte Knochenbett kürettiert und geglättet. Durch die Kürettage bis zur blutenden Schicht des subchondralen Knochens können Gefäße und Stammzellen in den nekrotischen Bereich eindringen, den Knochen regenerieren und die Bildung von Faserknorpel ermöglichen. In einer aktuellen Studie mit 23 Hunden konnten in insgesamt 96 % der Fälle nach operativer Therapie gute bis exzellente Ergebnisse nach arthroskopischer Behandlung der OCD der Trochlea humeri erzielt werden (Lahiani et al. 2023). Der operative Eingriff sollte frühzeitig erfolgen, denn der Behandlungserfolg ist durch das Alter des Patienten und die Lahmheitsdauer vor der Operation determiniert (Horst 2000).

Die partielle oder subtotale Coronoidektomie gilt als Goldstandard der arthroskopischen Versorgung des FCP und beinhaltet die Entfernung des osteochondralen Fragmentes, des nekrotischen Knochens und des abgelösten Knorpels (Fitzpatrick et al. 2009, Scharpf und Theyse 2023). Sie führt jedoch zu einem Verlust der funktionalen Gelenkfläche im Bereich des kranialen Processus coronoideus mit Entstehung von sekundärer Osteoarthritis (Theyse et al. 2000, Lau et al. 2015).

Eine aktuelle Laufbandstudie ergab, dass insbesondere die Bremskraft auch 26 Wochen post Arthroskopie der durch partielle Coronoidektomie behandelten Hunde keine Normwerte erreicht, was als einen fortschreitenden Verlust der Ellbogengelenksfunktion gedeutet wird (Scharpf und Theyse 2023).

Eine retrospektive Studie mit 750 elektiven Ellbogenarthroskopen beschreibt eine Komplikationsrate von 4,8 % schwerwiegenden und 17,1 % geringfügigen Komplikationen. Bei lediglich 7,0 % der Ellbogengelenksarthroskopen wurde eine Verschlechterung der Lahmheit postoperativ festgestellt (Perry und Li 2014). In 18 von 21 Fällen, in denen aufgrund anhaltender Lahmheit eine wiederholte Arthroskopie erforderlich war, was als schwerwiegende Komplikation betrachtet wurde, wurde anschließend eine Coronoiderkrankung diagnostiziert. So scheint die Diagnose dieser Erkrankung beim ersten Versuch manchmal nicht gestellt zu werden, obwohl die Arthroskopie als Goldstandard der Diagnostik gilt (Ridge 2011, Perry und Li 2014).

Einige sich widersprechende Veröffentlichungen berichten über teils bessere Ergebnisse, andere über keinen Unterschied (Bouck et al. 1995) und manche sogar über schlechtere Ergebnisse (Baldus 2013) der Arthroskopie im Vergleich zum konservativen Management der Erkrankungen des medialen Ellbogenkompartiments.

Eine retrospektive, multizentrische Studie, die den Erfolg der Arthroskopie der OCD mit und ohne FCP anhand von Lahmheitsgraden und des Canine Brief Pain Inventory (CBPI) Wertes ermittelt, ergab ein exzellentes Ergebnis bei 67 % der Hunden, ein gutes Ergebnis bei 27 % der Hunden und ein adäquates Ergebnis bei 6 % der Hunden (Lahiani et al. 2023).

3.4. Weitere chirurgische Optionen

Einige Studien widmeten sich der proximalen oder distalen Ulnaosteotomie mit ersten positiven Ergebnissen (Bardet und Bureau 1996, Ness 1998, Snelling und Lavelle 2004, Fitzpatrick et al. 2009, Kranz und Lesser 2011, Coggeshall et al. 2014, Quinn und Preston 2014, Fitzpatrick et al. 2015). Der Eingriff soll eine Rotation der proximalen Ulna ermöglichen und zu einer Reduktion des unphysiologischen Kontakts im Humeroulnargelenk führen (Fossum 2020). Dieser Eingriff erfolgt meist in Kombination mit arthrotomischer oder arthroskopischer Coronoidektomie (Ness 1998, Caron und Fitzpatrick 2016, Rohwedder et al. 2019).

Weitere etwas abgewandelte Korrekturosteotomien sind die Bioblique dynamic proximal ulnar osteotomy (BODPUO), die Sliding humeral osteotomy (SHO) und die Proximal abducting ulnar osteotomy (PAUL). Die BODPUO ist eine neuartige, abgewandelte proximale Ulnaosteotomie (PUO) bei der die Osteotomie an spezifischer Position und Schnittführung durchgeführt wird (Fitzpatrick et al. 2013). Die SHO und PAUL möchten weniger die Inkongruenz ausgleichen, sondern die Lasttrageachse der Vordergliedmaße (von den Fingern zur Schulter) beim Übertritt des Ellbogengelenks (insbesondere des humeroulnaren Kontakts) nach lateral verschieben. Dies soll die Belastung innerhalb des medialen Ellbogenkompartiments verringern (Fujita et al. 2003, Mason et al. 2008, Pfeil et al. 2010, Vezzoni 2013, Amadio et al. 2020, Bruecker et al. 2021).

Sollten vorher operative Versuche fehlschlagen, gibt es jüngst Studien zu weiteren Lösungsansätzen. Erste Implantatstudien mit dem Unikompartimentellen Ellbogen bei Hunden (CUE)TM (Arthrex Vet Systems, Naples, Florida, USA) wurden

durchgeführt. Der CUE verwendet humerale und ulnare Implantate, die in den Knochen eingepresst werden, um pathologisch belastete Bereiche des medialen Kompartiments des Ellbogens zu ersetzen (Franklin et al. 2014, Cook et al. 2015). Eine Studie berichtet bei 103 Fällen von 18 Chirurgen aus 15 Einrichtungen eine Rate von 1,0 % katastrophalen, 10,8 % schwerwiegenden und 27,2 % geringfügigen Komplikationen. Die häufigste schwerwiegende Komplikation war die Fragmentierung oder Avulsion der Osteotomie des medialen Epicondylus humeri. Zwischen 6 und 47 Monaten nach OP war das Ergebnis bei Wiedervorstellung bei 47,6 % der Ellbogen optimal, bei 43,7 % akzeptabel und bei 8,7 % unakzeptabel (Cook et al. 2015).

Zudem gibt es erste Untersuchungen zu Totalendoprothesen des Ellbogengelenks (TER). Eine Studie mit 18 Hunden, die das TATE™-Arthroplastiksystem (BioMedtrix, Boonton, NJ, USA) – einer zweikomponentige, zementfreie Resurfacing-Prothese – ergab folgende Resultate: 24 % optimales, 52 % akzeptables und 24 % unakzeptables OP-Ergebnis vier bis 100 Monate nach Arthroplastik (De Sousa et al. 2016).

4. Systematische Übersicht

Evidenzbasierte Entscheidungsfindung ist das Gütesiegel der veterinärmedizinischen klinischen Praxis. Diese beinhaltet klinische Expertise und den wissenschaftlichen Kenntnisstand, um Entscheidungen über die Versorgung von Patienten zu treffen (Sackett et al. 1996, Masic et al. 2008). Innerhalb dieses Ansatzes stammen wissenschaftliche Erkenntnisse aus den Ergebnissen von Forschungsstudien. Allerdings können sich klinische Studien in ihren Einschlusskriterien unterscheiden und Studien werden anhand einer Stichprobe der Zielbevölkerung durchgeführt; daher repräsentieren die Ergebnisse einer einzelnen Studie ein zufälliges Ergebnis aus einer Verteilung vieler möglicher Studienergebnisse (Lau et al. 1998, Ioannidis 2006).

Darüber hinaus gibt es empirische Belege dafür, dass die erste Studie zu einem bestimmten Thema den größten Effekt auf die Entscheidungsfindung haben wird, wobei bei nachfolgenden Studien von abnehmende Effektgrößen berichtet wird (Gehr et al. 2006, Ioannidis 2006).

Daher ist es wichtig, die Ergebnisse mehrerer Studien zu einer Forschungsfrage zu

synthetisieren (Sargeant und O'Connor 2020). Evidenzsynthese bezieht sich auf die Kombination von Ergebnissen aus mehreren Quellen. Es gibt eine Vielzahl von Methoden zur Durchführung von Evidenzsynthesen für verschiedene Arten von Informationen oder Synthesefragen (Ashrafian et al. 2011).

Eine systematische Übersichtsarbeit (oftmals auch nur "systematische Übersicht" oder "systematisches Review" genannt) ist eine wissenschaftliche Methode, um alle verfügbaren Studien zu einem bestimmten Thema oder einer Fragestellung systematisch zu suchen, auszuwählen, kritisch zu bewerten und die Ergebnisse zusammenzufassen. Im Gegensatz zu traditionellen, narrativen Übersichtsarbeiten, die oft auf Meinungen oder einer unsystematischen Auswahl von Studien basieren, folgen systematische Übersichtsarbeiten einem klar definierten und vorab festgelegten Protokoll, um Verzerrungen zu minimieren (Khan et al. 2013).

Die Hauptmerkmale einer systematischen Übersichtsarbeit sind (Khan et al. 2013):

1. Klare Fragestellung: Die Forschungsfrage (Reviewfrage) muss klar und spezifisch formuliert sein.
2. Vorab festgelegtes Protokoll: Die Methode zur Durchführung der Übersichtsarbeit sollte vorab festgelegt und kann, wenn möglich, registriert oder veröffentlicht werden, um Transparenz zu gewährleisten.
3. Umfassende Literaturrecherche: Es wird eine gründliche und systematische Suche in mehreren Datenbanken und anderen Quellen durchgeführt, um alle relevanten Studien zu identifizieren.
4. Auswahlkriterien: Es werden vorab festgelegte Einschluss- und Ausschlusskriterien verwendet, um zu bestimmen, welche Studien in die Übersicht aufgenommen werden.
5. Qualitätsbewertung: Die Qualität und das Risiko von Verzerrungen in den eingeschlossenen Studien werden bewertet.
6. Datenextraktion und Synthese: Die relevanten Informationen werden aus den eingeschlossenen Studien extrahiert, und die Ergebnisse werden zusammengefasst. Dies kann qualitativ, quantitativ oder beides sein.

Systematische Übersichtsarbeiten können auch eine oder mehrere Meta-Analysen beinhalten, bei der die Ergebnisse mehrerer Studien quantitativ kombiniert werden, um eine Gesamtschätzung des Effekts einer Intervention oder eines Zusammenhangs zu erhalten. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass nicht alle

systematischen Übersichtsarbeiten eine Meta-Analyse enthalten müssen; dies hängt von der Art der Fragestellung und der Verfügbarkeit von Daten ab (Gordon et al. 2014).

Systematische Übersichtsarbeiten sind besonders wertvoll in der evidenzbasierten Medizin und anderen wissenschaftlichen Disziplinen, weil sie einen umfassenden und unverzerrten Überblick über den aktuellen Forschungsstand zu einem bestimmten Thema bieten (Ashrafian et al. 2011).

4.2. Schritte zum Durchführen einer Systematischen Übersichtsarbeit

4.2.1. Schritt 1: Formulierung der Frage

Die Reviewfrage kann frei oder strukturiert formuliert werden. Dabei ist es wichtig, dass sie die wichtigen Fragenkomponenten zur Population (Patientenstichprobe), Intervention (z.B.: Art der Therapie), Endpunkt (Änderung des Gesundheitszustands aufgrund der Intervention) und Studiendesign (Art der Bewertung des Effekts von Interventionen) beantwortet (Khan et al. 2013).

4.2.2. Schritt 2: Relevante Literatur identifizieren

Ein gründliches und systematisches Vorgehen bei der Literatursuche ist essenziell, um alle relevanten Studien zu erfassen. Viele Übersichtsarbeiten präsentieren die Suchmethoden jedoch zu vereinfacht, sodass sie schwer nachvollziehbar sind. Die Literatursuche ist ein mehrstufiger Prozess. Zunächst wird eine vorläufige Liste aus diversen Quellen, wie Datenbanken und Fachzeitschriften, erstellt. Danach wird die Relevanz der gefundenen Literatur geprüft, wobei potenzielle Studien in Volltextform beschafft werden (Khan et al. 2013). Nach Durchsicht und basierend auf festen Auswahlkriterien wird über die Einbindung der Studien entschieden. Weitere Literatur kann aus den Bibliografien der ausgewählten Studien entdeckt werden, was den Prozess erneut initiieren kann. Das Review sollte den Prozess der Studienidentifizierung in einem Flussdiagramm darstellen (Moher et al. 2015).

4.2.3. Schritt 3: Qualität der Literatur bewerten

Der dritte Schritt einer systematischen Übersichtsarbeit ist die Bewertung der Qualität der identifizierten Literatur. Dieser Schritt ist von zentraler Bedeutung, da die methodische Güte und das Risiko von Verzerrungen in den eingeschlossenen Studien die Gesamtvalidität und Stärke der Übersichtsarbeit maßgeblich beeinflussen (Fletcher et al. 2019). Das Hauptziel dieser Phase ist es, das

methodische Vorgehen der Studien und das damit verbundene Risiko von Verzerrungen zu beurteilen (Fletcher et al. 2019). Hierbei wird die Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse der Studien und in der Folge auch der gesamten Übersichtsarbeit bestimmt. Verschiedene Instrumente, wie der Cochrane Risk of Bias Tool (Sterne et al. 2019) für randomisierte Studien oder die Newcastle-Ottawa-Skala (Stang 2010) für Beobachtungsstudien, stehen zur Verfügung, um diese Qualität zu bewerten. Diese Werkzeuge berücksichtigen typische methodische Aspekte, wie die Art der Randomisierung, Verblindungsverfahren, Datenvollständigkeit oder die Ergebnisberichterstattung. Nach gründlicher Prüfung wird jede Studie hinsichtlich ihres Verzerrungsrisikos als "niedrig", "unklar" oder "hoch" eingestuft. Diese Einstufung kann in späteren Analyseschritten dazu genutzt werden, Sensitivitätsanalysen durchzuführen oder Schlussfolgerungen zu ziehen. Um die Integrität und Transparenz der systematischen Übersichtsarbeit zu gewährleisten, ist es von großer Bedeutung, dass die angewandten Kriterien und Methoden zur Qualitätsbewertung klar dokumentiert sind. Dies dient nicht nur der internen Orientierung, sondern auch Fachleuten, die sich auf die Ergebnisse der Arbeit stützen (Institute of Medicine Committee on Standards for Systematic Reviews of Comparative Effectiveness 2011, Khan et al. 2013, Khan und Zamora 2022).

4.2.4. Schritt 4: Evidenz zusammenfassen

Im vierten Schritt einer systematischen Übersichtsarbeit geht es darum, die Evidenz zusammenzufassen. Nachdem in den vorherigen Schritten die relevanten Studien identifiziert und ihre Qualität bewertet wurde, werden nun die Ergebnisse dieser Studien gesammelt, synthetisiert und präsentiert. Diese Synthese ermöglicht es, ein klareres Bild von der gesamten verfügbaren Evidenz zu einem bestimmten Thema oder einer Fragestellung zu erhalten. Dabei kann die Zusammenfassung je nach Art und Heterogenität der eingeschlossenen Studien entweder qualitativ oder quantitativ erfolgen (Khan et al. 2013). Bei einer quantitativen Zusammenfassung, oft Meta-Analyse genannt, werden die Ergebnisse verschiedener Studien mithilfe statistischer Methoden kombiniert, um einen gemeinsamen Effektschätzer zu ermitteln. Dies erfordert, dass die Studien hinreichend ähnlich in ihren Merkmalen und Methoden sind. Bei einer qualitativen Synthese hingegen werden die Ergebnisse narrativ beschrieben und diskutiert, was besonders bei heterogenen Studien oder bei qualitativen Forschungsarbeiten angemessen ist (McKenzie et al.

2023). Unabhängig von der Art der Synthese ist es wichtig, die Ergebnisse in einem klaren, strukturierten Format zu präsentieren, um den Lesern eine umfassende Übersicht über die Evidenz zu bieten. Dies kann durch Tabellen, Grafiken oder Flussdiagramme unterstützt werden. Schließlich sollten die Hauptergebnisse im Kontext der gesamten Evidenz und möglicher Limitationen diskutiert werden (Khan und Zamora 2022).

4.2.5. Schritt 5: Ergebnisse interpretieren

Der fünfte Schritt einer systematischen Übersichtsarbeit befasst sich mit der Interpretation der Ergebnisse. Nachdem die Evidenz in Schritt vier zusammengefasst wurde, geht es nun darum, die gewonnenen Erkenntnisse in den Kontext bestehender Forschung und praktischer Anwendungen zu setzen (Khan et al. 2013). Bei der Interpretation wird zunächst die Bedeutung der gesammelten Ergebnisse in Bezug auf die ursprüngliche Forschungsfrage oder das Hauptthema der Übersichtsarbeit betrachtet. Dabei ist es wesentlich, sowohl die Stärken als auch die Limitationen der vorliegenden Evidenz zu berücksichtigen. Mögliche Verzerrungen, die in den eingeschlossenen Studien oder im Prozess der systematischen Übersichtsarbeit selbst identifiziert wurden, sollten in die Bewertung miteinbezogen werden (Khan et al. 2013). Außerdem ist es wichtig, die Generalisierbarkeit der Ergebnisse auf verschiedene Populationen, Kontexte oder Settings zu bedenken. Die interpretierten Ergebnisse werden oft mit bestehender Literatur oder anderen relevanten Übersichtsarbeiten verglichen, um Übereinstimmungen, Unterschiede oder neue Erkenntnisse hervorzuheben. Schließlich mündet die Interpretation in Schlussfolgerungen, die sowohl wissenschaftliche als auch praktische Implikationen enthalten können. Hierbei können auch Empfehlungen für die klinische Praxis, Politikgestaltung oder zukünftige Forschung abgeleitet werden. Insgesamt soll dieser Schritt sicherstellen, dass die Ergebnisse der Übersichtsarbeit in einem größeren Rahmen verstanden und angemessen angewendet werden können (Schünemann et al. 2023).

4.3. Publikationsbias und weitere systematische Abweichungen

Bei der Anfertigung einer systematischen Übersichtsarbeit kann es zu verschiedenen Arten der Verzerrung kommen. Von Publikationsbias redet man, wenn Studien mit positiven oder signifikanten Ergebnissen eher veröffentlicht werden als solche mit negativen oder nicht signifikanten Ergebnissen. Dies kann

dazu führen, dass eine Übersichtsarbeit eine verzerrte Sicht auf die Evidenz präsentiert, weil nicht alle relevanten Studien berücksichtigt werden. Eine andere Form der Verzerrung ist der Sprachbias: Studien, die zum Beispiel in Englisch veröffentlicht wurden, werden häufiger eingeschlossen als Studien in anderen Sprachen (Khan et al. 2013). Dies kann die Generalisierbarkeit der Ergebnisse beeinträchtigen. Um die Qualität und Zuverlässigkeit von systematischen Übersichtsarbeiten zu erhöhen und Bias zu minimieren, gibt es etablierte Richtlinien und Werkzeuge wie PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) oder das Cochrane-Handbuch (Higgins et al. 2023). Es ist wichtig, bei der Durchführung und Bewertung von systematischen Übersichtsarbeiten kritisch und transparent zu sein und potenzielle Biasquellen zu erkennen und zu adressieren.

5. Meta-Analyse

5.1. Allgemeines

Eine Meta-Analyse ist eine statistische Technik, die dazu dient, die Ergebnisse von mehreren einzelnen Studien zu einem bestimmten Thema oder einer bestimmten Fragestellung zu kombinieren (Agresti 1996). Ziel ist es, eine umfassende Einschätzung des vorhandenen Forschungsstands zu einem bestimmten Thema zu erhalten und ggf. ein klareres Bild über die tatsächliche Effektgröße einer Intervention oder eines Zusammenhangs zu gewinnen.

Der Vorteil einer Meta-Analyse liegt darin, dass sie die statistische Macht erhöht, indem sie Daten aus mehreren Studien kombiniert. Dadurch können auch kleinere Effekte erkannt werden, die in einzelnen Studien aufgrund zu geringer Stichprobengrößen möglicherweise nicht festgestellt wurden (Greco et al. 2013).

Während Meta-Analysen sehr nützlich sind, um einen allgemeinen Überblick über ein Forschungsfeld zu bekommen, sind sie auch anfällig für gewisse Limitationen und Kritiken, wie z.B. das Problem der Publikationsverzerrung (wenn negative oder nicht-signifikante Ergebnisse weniger wahrscheinlich veröffentlicht werden) oder die Heterogenität zwischen Studien (wenn die kombinierten Studien sehr unterschiedlich sind) (Greco et al. 2013).

5.2. Unterschied zwischen „Fixed-Effects“- und „Random-Effects“-

Modell

Beim Durchführen von Meta-Analysen, welche das Zusammenführen individueller Therapieeffekte beinhalten, stößt man oft auf zwei zentrale statistische Modelle: das "Fixed-Effects"-Modell und das "Random-Effects"-Modell. Diese Modelle helfen, den Gesamteffekt von Studien zu schätzen, insbesondere wenn man verschiedene statistische Verfahren anwendet (Borenstein et al. 2010).

In der Praxis kann es sinnvoll sein, beide Modelle parallel zu nutzen, um sicherzustellen, dass die Ergebnisse stabil sind, unabhängig vom gewählten Ansatz. Es ist jedoch entscheidend, von vornherein festzulegen, welches Modell man verwenden möchte, und nicht erst nach Sichtung der Ergebnisse, um Bias zu vermeiden (Riley et al. 2011).

Manchmal unterscheidet sich die zentrale Schätzung der Interventionswirkung zwischen „Fixed-Effects“- und „Random-Effects“-Analysen. Insbesondere, wenn die Ergebnisse kleinerer Studien systematisch von den Ergebnissen größerer Studien abweichen, was durch Publikationsbias oder innerhalb der Studie vorkommende Verzerrungen in kleineren Studien auftreten kann (Egger et al. 1997, Poole und Greenland 1999, Kjaergard et al. 2001), dann wird eine Meta-Analyse mit Zufallseffekten die Effekte der Verzerrung verstärken. Eine Fixeffektanalyse wird weniger beeinträchtigt sein, obwohl sie streng genommen auch unangemessen ist (Cooper 1998).

5.2.1. Fixed-Effects-Model

Annahme: Es gibt einen einzigen, "wahren" Effekt, der für alle Studien gilt (Borenstein et al. 2010).

- Dieses Modell wird angewendet, wenn man davon ausgeht, dass alle in die Meta-Analyse einbezogenen Studien denselben Effekt aufweisen und dass jegliche beobachteten Unterschiede aufgrund von Zufallsvariabilität entstanden sind.
- Es berücksichtigt nicht die mögliche Unterschiedlichkeit der Studien oder ihrer Ergebnisse.

5.2.2. Random-Effects-Modell

Annahme: Es gibt keine festen Effektwerte. Stattdessen gibt es eine Verteilung von Effekten, und diese können sich je nach den Charakteristiken der einzelnen Studien

ändern (Borenstein et al. 2010, Riley et al. 2011).

- Dieses Modell berücksichtigt sowohl die Variabilität innerhalb der Studien als auch die Unterschiede zwischen den Studien (Zufallsvariabilität).
- Kleinere Studien werden in diesem Modell stärker gewichtet als im Fixed-Effects-Modell. Das bedeutet, dass Themen wie Veröffentlichungsverzerrung und schlechte Studienqualität mehr Einfluss haben können, insbesondere wenn diese die kleineren Studien beeinflussen.
- Ein weiteres Charakteristikum dieses Modells ist, dass es bei der Anwesenheit von Heterogenität (Unterschiede zwischen den Studienergebnissen) breitere Konfidenzintervalle für den geschätzten Gesamteffekt produziert. Das ist im Gegensatz zum Fixed-Effects-Modell, welches möglicherweise ein übermäßig präzises Ergebnis liefert, wenn es erhebliche Unterschiede zwischen den Studien gibt.

5.3. Forest-Plot

Der Forest-Plot ist eine häufig genutzte und leicht nachvollziehbare grafische Darstellung von Einzeleffekten, und bei einer Meta-Analyse auch des kombinierten Gesamteffekts, die in den einzelnen Studien festgestellt und in einer systematischen Übersichtsarbeit zusammengetragen wurden (Deeks et al. 2023). Jede Studie wird durch ein Rechteck oder eine Raute repräsentiert, welches den Punkt-Schätzwert des geschätzten Effekts zeigt und in der Mitte einer horizontalen Linie positioniert ist, die das Konfidenzintervall dieses Effekts abbildet (Lewis und Clarke 2001). Bei der Verwendung von Effektmaßen wie dem relativen Risiko oder der Odds Ratio (OR) werden die Effekte in der Regel auf einer logarithmischen Skala dargestellt (Khan et al. 2013). Dies sorgt für symmetrische Konfidenzintervalle. Die vertikale Linie bei einem relativen Risiko oder OR-Wert von 1,0 repräsentiert einen Effekt von null (also die Nullhypothese oder H_0). Ein relatives Risiko oder OR-Wert über 1,0 signalisiert, dass die experimentelle Behandlung im Vergleich zur Kontrollbehandlung effektiv ist (Khan et al. 2013). Oftmals beziehen sich Reviews jedoch auf negative Ergebnisse (z.B. Todesfälle); hier würde ein relatives Risiko oder OR-Wert unter 1,0 einen Vorteil der experimentellen Gruppe anzeigen. Wenn das Konfidenzintervall die vertikale Nulleffekt-Linie kreuzt, zeigt dies an, dass kein statistisch signifikanter Effekt vorliegt (Khan et al. 2013).

5.4. Statistiksoftware „R“

R ist eine statistische Software-Umgebung (R Core Team 2024). Sie ist mittlerweile fest etabliert und gehört zu den am häufigsten verwendeten Softwarepaketen sowohl für die Entwicklung statistischer Methodik als auch für die tägliche Datenanalyse mit etablierten Methoden (Schwarzer et al. 2015). Sie bietet hervorragende Grafikfunktionen und ist leicht erweiterbar. Sie ist kostenlos verfügbar, sowohl als Quellcode als auch als kompilierte Binärdateien für Microsoft Windows, Linux und MacOS (Apple Inc.) (Ihaka und Gentleman 1996). Zusätzlich zu einer breiten Palette von integrierten Funktionen stehen über 6000 zusätzliche Pakete im Comprehensive R Archive Network (CRAN) zur Verfügung. R ist für den Einsatz in klinischen Studien registriert und hat seine eigene Zeitschrift "The R Journal" (R Core Team 2024).

III. PUBLIKATION



OPEN ACCESS

EDITED BY
Chiara Caterino,
University of Naples Federico II, Italy

REVIEWED BY
Bruno Jorge Antunes Colaço,
University of Trás-os-Montes and Alto Douro,
Portugal
Federica Aragosa,
University of Naples Federico II, Italy

*CORRESPONDENCE
Hubertus C. Kähn
✉ h.kaehn@lmu.de

RECEIVED 24 May 2023
ACCEPTED 24 October 2023
PUBLISHED 09 November 2023

CITATION
Kähn H, Zablotzki Y and
Meyer-Lindenberg A (2023) Therapeutic
success in fragmented coronoid process
disease and other canine medial elbow
compartment pathology: a systematic review
with meta-analyses.
Front. Vet. Sci. 10:1228497.
doi: 10.3389/fvets.2023.1228497

COPYRIGHT
© 2023 Kähn, Zablotzki and Meyer-Lindenberg.
This is an open-access article distributed under
the terms of the Creative Commons Attribution
License (CC BY). The use, distribution or
reproduction in other forums is permitted,
provided the original author(s) and the
copyright owner(s) are credited and that the
original publication in this journal is cited, in
accordance with accepted academic practice.
No use, distribution or reproduction is
permitted which does not comply with these
terms.

Therapeutic success in fragmented coronoid process disease and other canine medial elbow compartment pathology: a systematic review with meta-analyses

Hubertus Kähn^{1*}, Yury Zablotzki² and Andrea Meyer-Lindenberg¹

¹Clinic of Small Animal Surgery and Reproduction, Centre for Clinical Veterinary Medicine, LMU Munich, Munich, Germany, ²Centre for Clinical Veterinary Medicine, LMU Munich, Munich, Germany

Introduction: The correct treatment of elbow dysplasia is controversial in modern small animal orthopedics. The aim of this study was to compile all relevant literature of the therapy of fragmented coronoid process and other hereditary disorders of the medial elbow compartment and to statistically evaluate the therapeutic results in three meta-analyses.

Methods: The basis for the systematic literature review was a comprehensive database search of Web of Science, PubMed and Medline. Studies on living patients with above mentioned degenerative joint disease were included in the initial literature search. The data from the final studies, selected according to the PRISMA guidelines, was subsequently extracted. Finally, the success of the different therapies was compared and analyzed by three meta-analyses: success rate, mean difference and standardized mean difference.

Results: Fourteen of 494 publications covered by the systematic literature search remained. Their overall truth was: In studies where surgery outcomes was determined by clinical examination and owner questionnaires, it was found that surgical intervention had a significant positive outcome in the presence of fragmented coronoid process and medial compartment disease. Surgical outcomes were also good in three cross-over studies that investigated treatment success using computerized gait analysis. In contrast, comparative studies between surgical and conservative management yielded controversial results. The meta-analysis found no significant difference between medical and surgical therapy.

Discussion: The positive results of studies investigating owner satisfaction and veterinary clinical examination of surgical therapy for medial compartment disease were confirmed by two meta-analyses. However, their study designs were susceptible to observer biases. A third meta-analysis of standardized mean difference differentiating computerized gait analysis results of surgical and conservative management found no evidence of significant superiority of each treatment modality. It however had a limited number of subjects. More comparative studies of high evidence are needed to better understand medial compartment disease and provide the clinician with more accurate diagnostics to separate pathology that should be treated surgically from pathology that can benefit from conservative therapy similarly. Given the invasiveness a more cautious approach might be warranted regarding generally recommending surgery for pathology of the medial elbow compartment.

KEYWORDS

dog, elbow dysplasia, systematic review, meta-analysis, arthroscopy, medial coronoid process, medial compartment disease

1. Introduction

Elbow dysplasia (ED), a hereditary elbow joint abnormality occurs frequently in growing dogs of large and very large breeds. In many cases, both limbs are affected. Male dogs are affected about twice as often as bitches (1). It is a disease complex that includes four pathologies according to the IEWG (International Elbow Working Group) (2). These are fragmented coronoid process, osteochondrosis of the medial humeral condyle, ununited anconeal process, and elbow joint incongruity. The fragmented coronoid process accounts for 65% of all cases of elbow dysplasia, making it the most common type of lesion causing ED (3). However, other pathologies of the medial elbow compartment can also cause similar pain and lameness. Recent research and studies investigating arthroscopy findings of the medial elbow included cartilage fibrillation and erosions, chondromalacia-like lesions, non-displaced fragments and fissures among others (4, 5). Despite that they are mostly a byproduct of the common fragmented coronoid process they can also exist solely. Rigorous differentiation with high quality imaging modalities preferably arthroscopy has been lacking in even quite recent publications. Therefore, present study includes all pathologic findings in the medial elbow compartment from now on termed medial compartment disease (MCD). Persistent intermittent forelimb lameness is typically the initial symptom observed in most cases of MCD in dogs between 6 and 12 months of age. Less commonly, dogs are affected later in life (over 6 years of age). These patients may only show clinical signs at that point and occasionally may not have any prior history of lameness (4, 5). There is disagreement as to which surgical method is superior or if conservative treatment is a viable alternative. This systematic review focuses on evaluating the effectiveness of surgical treatment for the medial elbow compartment in dogs and lastly aims to compare it to less invasive medical management.

2. Methods

2.1. Database search

The following databases were selected for the literature search: Web of Science Core Collection, PubMed and Medline. MeSH-terms and keywords were picked and various tools such as Boolean operators and truncation were used. This was done to make the search as specific as possible. In addition, the online dissertation and habilitation index of the German National Library was searched with various synonyms and partial synonyms of “dog” and “fragmented coronoid process” or “medial compartment disease” as well as manually the bibliographies of other relevant publications on the topic. This review covers research up to August 2022, the date of the last database search. It was designed so that all papers covered by the search contained the following three generic terms including words related in meaning: Dog, Elbow Disease, Therapy. Individual search strategies were devised for

PubMed, Web of Science, and Medline and are listed in Supplementary data S1–S3. Subsequently, all duplicates that were present simultaneously in two or more databases were removed.

2.2. Identification of relevant literature

Identification of the relevant literature for this review was performed according to the PRISMA reporting guidelines shown by a flow chart (Figure 1) (6). Randomized, quasi-randomized, and studies that classified their patients based on owner preference or surgeon preference were included. Studies that chose a patients type of intervention based on clinical condition, degrees of osteoarthritis, anamnestic data were excluded to reduce influence of selection bias. Also excluded were reviews, *in vitro* studies, studies in languages other than English and German, studies without available full texts, or without published mid- or long-term results. Anamnestic, diagnostic, clinical, therapeutical and study design data mentioned in these studies pre-intervention, post intervention and at different follow-up times were extracted and recorded in a Microsoft Excel spreadsheet.

2.3. Evidence classification

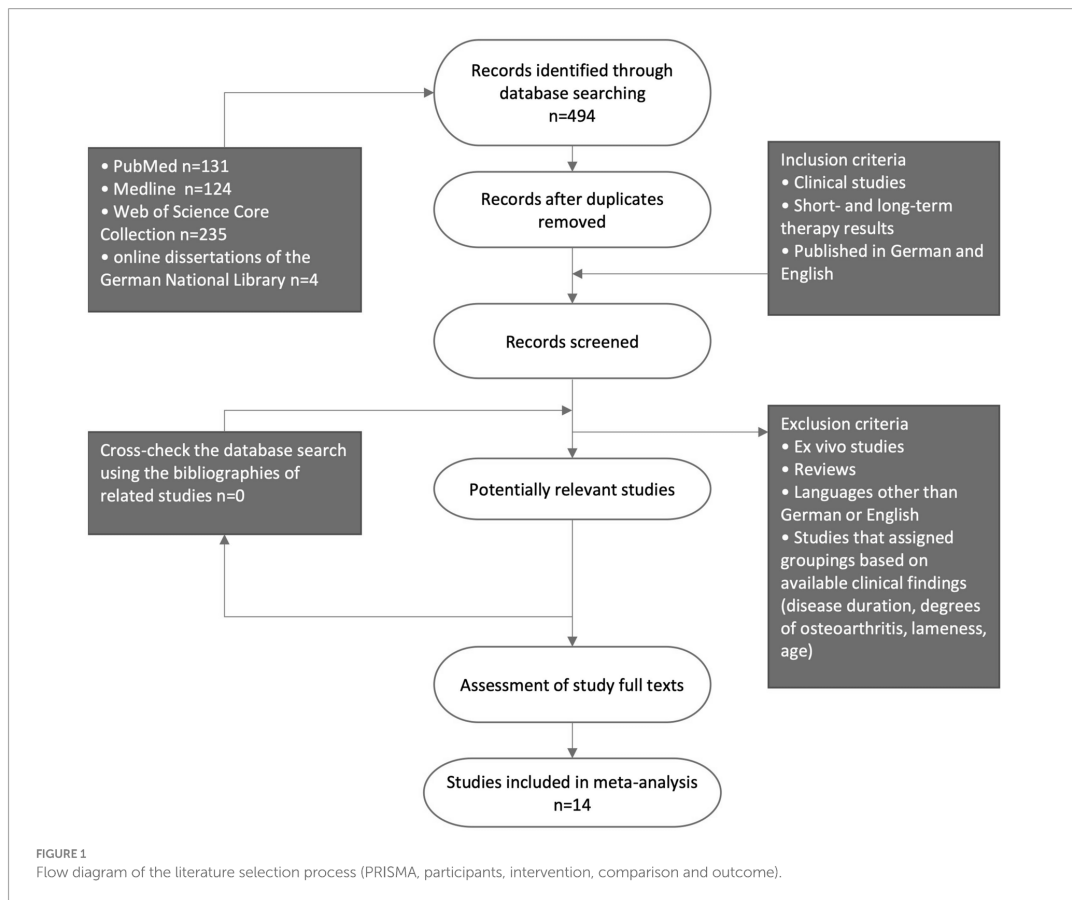
The evidence of individual studies was evaluated according to the Cochrane Musculoskeletal Group Guidelines (7).

2.4. Meta-analysis and significance level

Meta-analysis was performed using the integrated development environment and graphical user interface “RStudio” (RRID:SCR_000432) for the R statistical programming language developed by Posit PBC, Boston, United States. *p*-values less than 0.05 were judged to be statistically significant. In all meta-analyses that included outcomes from both minimally invasive and open surgery, subgroup-analyses of arthroscopy and arthrotomy were utilized. This was done to ensure that results from both types of surgical procedures can be viewed separately, avoiding potential distortion in the findings.

2.5. Data extraction

The authors of this systematic review ranked multiple intervention results based on their accuracy and lack of bias. For each case, the authors used computerized gait analysis being the top-ranked measure, followed by examination by veterinary staff (veterinarian) and patient owner questionnaire in descending order. Positive surgical results were those in which there was an improvement in the highest relevant criterion (descending order: lameness, painfulness, quality of life, owner satisfaction) compared with the preoperative findings and there were



no or only minor complications intra- and post-operatively as defined in each original study. When lameness studies were performed at multiple gaits, the results at trot were used for present meta-analyses.

2.6. Dealing with differently specified symmetry indices

Symmetry indices are values—usually given as a percentage or ratio—that describe the symmetry of the subject’s gait pattern. Parameters such as stance phase duration, vertical impulse, and peak vertical force can be determined by computer-assisted gait analysis. Some authors used the affected leg and the contralateral leg of the forelimb to calculate the indices—other authors used the affected leg and either the contra- or ipsilateral leg of the hindlimb. Impulse values were used when available, if not other metrics like maximum force or stance duration were also included. The following symmetry or asymmetry indices (SI) were found in the literature and could be converted into each other and thus compared using the following equations:

Equation 1: Calculation of the symmetry index ratio

$$SI (Ratio) = \frac{Xi}{Xh} \tag{1}$$

Xi = ground reaction force of the impaired leg.

Xh = ground reaction force of a healthy leg.

Source: Theyse et al. (8).

Equation 2: Calculation of symmetry index 1

$$SI (1) = \frac{Xh - Xi}{1/2(Xh + Xi)} \times 100 \tag{2}$$

Source: Fanchon and Grandjean (9).

Equation 3: Calculation of symmetry index 2

$$SI (2) = \frac{\bar{Xi} - \bar{Xh}}{1/2(\bar{Xi} + \bar{Xh})} \times 100 \tag{3}$$

\bar{Xi} = Average ground reaction force of the impaired leg over several steps or trials.

\overline{Xh} = Average ground reaction force of a healthy leg over several steps or trials.

Source: Galindo-Zamora et al. (10) and Volstad et al. (11).

Equation 4: Calculation of symmetry index 3

$$SI(3) = \frac{\overline{Xi} - \overline{Xh}}{\overline{Xi} + \overline{Xh}} \times 100 \quad (4)$$

Source: Bockstahler et al. (12).

SI(1) and SI(2) were treated equally and included in the same analysis because previous studies did not find a significant difference between SI(1) and SI(2) (11).

Where neither SI(1) nor SI(2) were available, the authors of this study derived Equation 5 to convert SI(ratio) to SI(1) and Equation 6 to convert SI(3) to SI(1):

Equation 5: Calculation of the symmetry index 1 given symmetry index ratio

$$SI(1) = \frac{SI(Ratio) - 1}{2(SI(Ratio) + 1)} \times 100 \quad (5)$$

Equation 6: Calculation of symmetry index 1 given symmetry index 3

$$SI(1) = 2 \times SI(3) \quad (6)$$

Improvement in forelimb loading symmetry was defined as any SI(1) or SI(2) result that showed at least a 5% improvement in symmetry post-surgery compared to pre-surgery. Improvements of less than 5% were also considered if the dog was sound post-surgery, i.e., there was no traceable asymmetry post-surgery (total asymmetry of less than 5% between the affected and healthy leg).

For studies where standard deviation of δSI was not available, the following section used an estimate based on Higgins et al. (13). Using the equation provided (Equation 7), the correlation coefficient is calculated based on the study with the largest sample size (n), that also provides complete data on standard deviations, averages of symmetry indices, and their differences at pre-surgery, long-term post-surgery, and subsequent follow-ups.

Equation 7: Calculation of the correlation coefficient

$$Corr = \frac{SD_{baseline}^2 + SD_{final}^2 - SD_{change}^2}{2 * SD_{baseline}^2 * SD_{final}^2} \quad (7)$$

Source: Higgins et al. (13).

If the correlation coefficient was available, the standard deviation of δSI can be estimated using Equation 8.

Equation 8: Calculation of the change from the base value standard deviation using the correlation coefficient

$$SD_{change} = \sqrt{SD_{baseline}^2 + SD_{final}^2 - (2 * Corr * SD_{baseline})} \quad (8)$$

TABLE 1 Number of results of the search by database.

Database	Number of works
Pubmed	131
Web of Science	235
Medline	124
Catalog of the German National Library	4
Number of publications	494
Publications after cleaning up duplicates	266

"Number of publications" are the total number acquired by the database search.
"Publications after cleaning up duplicates" is the total number after duplicates have been removed.

3. Results

3.1. Database search

A total of 494 papers were found in the databases mentioned above during a search conducted in 2022. After removal of duplicates, 266 papers remained (Table 1). The review of the bibliographies of relevant publications on the topic did not yield any additional publications that had not already been captured by the database search. This result was interpreted as an indicator of careful and complete keyword coverage.

3.2. Identification of relevant literature

After reviewing the abstracts, 103 clinical studies remained that addressed the therapeutic outcome of treatment of elbow dysplasia in dogs. Studies that were manually excluded were those that were not in German or English, *in vitro* studies, those where the full texts were not available, studies that classified the type of therapy based on degrees of osteoarthritis or lameness or did not collect long-term therapy results and studies that included pathology outside the medial elbow compartment. Some studies clearly listed dogs with different pathology and were included when dogs affected by other concomitant disease could be identified and excluded. The selection scheme is shown in Figure 1. Ultimately, 14 papers remained that could be processed into a total of three meta-analyses.

3.3. Evidence classification

Out of all the studies evaluated using the Cochrane Musculoskeletal Group Guidelines recommended grading system, only three were deemed to be of silver level evidence (14–16). The remaining fell into the bronze category (8, 10, 17–25), which is considered the lowest level of evidence. None of the studies included in this paper met the criteria for gold or platinum level evidence.

3.3.1. Symmetry index conversion

Results of the conversion of SI (ratio) values given in the work of Theyse et al. (8) to SI (1) values are shown in Table 2.

TABLE 2 Conversion of the SI (ratio) values contained in Theyse et al.

Patient	Ratio SI Iz		SI(1) Iz		Change in SI (1) 0. day – 6. month
	0. day	6. month	0. day	6. month	
1	0.96	0.81	-4.28	-20.32	-16.04
2	0.63	0.94	-39.57	-6.42	33.16
3	0.92	0.98	-8.56	-2.14	6.42
4	0.65	0.88	-37.43	-12.83	24.60
5	0.97	0.99	-3.21	-1.07	2.14
6	0.96	0.98	-4.28	-2.14	2.14
7	0.98	0.98	-2.14	-2.14	0.00
Mean	0.87	0.94	-14.21	-6.72	7.49
SD	0.16	0.07	16.73	7.27	16.43

Iz, maximum vertical impulse of a limb; SD, standard deviation; SI, symmetry index.

The correlation coefficient was calculated using Equation 7 based on the study conducted by Theyse et al. (8), yielding a value of 0.00212. This value was utilized in to estimate the standard deviation of the δ SI. Consequently, Theyse et al. (8), Galindo-Zamora et al. (10), and Barthelemy et al. (17) obtained standard deviation values of 17.06, 17.64, and 22.40, respectively.

3.4. Meta-analysis

The studies included in the meta-analyses are listed in Supplementary Table S1.

3.4.1. Surgical studies without a conservatively treated comparison group

3.4.1.1. Surgical results determined by clinical examination and owner questionnaires

Ten of eleven studies that analyzed outcomes after surgical treatment of MCD without a control group concluded, with a significance of $p < 0.05$, that surgery significantly improved the dog's quality of life or lameness (10, 18–25). Only within one study (8), the improvements were not significant. None of the studies found a net negative effect of surgery.

The meta-analysis of success rates (success is considered to be at least a satisfactory surgical result) concludes with high significance ($p < 0.01$) that within the totality of all studies, surgical treatment leads to high owner satisfaction and subjectively improved lameness of the dog (Figure 2).

3.4.1.2. Symmetry according to computer-aided analysis of ground reaction forces

Gait analysis compared the studies of Theyse et al. (8), Galindo-Zamora et al. (10), Barthelemy et al. (17). According to Theyse et al., six out of seven dogs were sound or had improved lameness status at 180 days post-surgery. Nevertheless, the results in improved symmetry were not statistically significant. And similarly, the results of Barthelemy et al. were also not statistically significant. In comparison, Galindo-Zamora et al. found statistically significant improvement in

the symmetry index or freedom from any lameness postoperatively in 12 of 14 dogs ($p < 0.01$). Also statistically significant was the improvement of the asymmetry index in the meta-analysis performed including all three studies ($p < 0.01$) (Figure 3).

3.4.2. Surgical studies with conservative comparison group

This meta-analysis included studies that compared conservative and surgical intervention (Figure 4). A total of 97 elbows were treated surgically by arthroscopy or arthrotomy with 51 being treated medically. With a p -value of 0.15, it failed to find a significant difference between conservative and surgical therapy, specifically arthroscopy or arthrotomy in the presence of medial compartment disease.

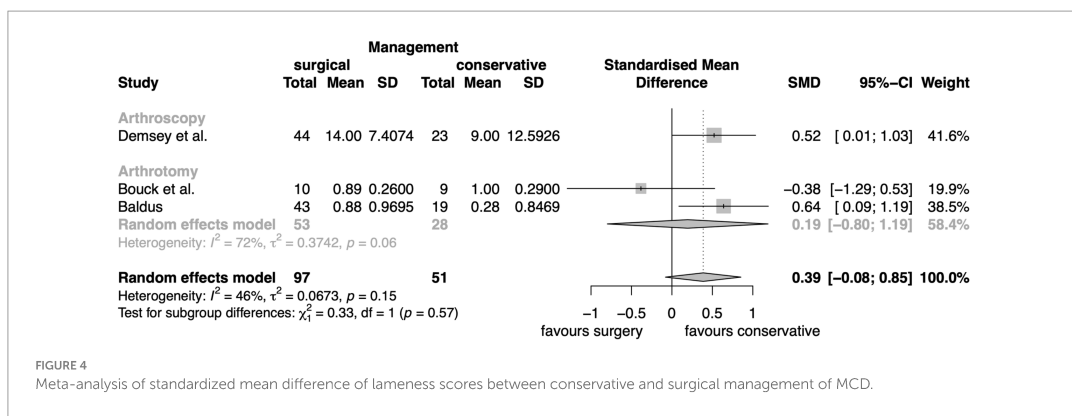
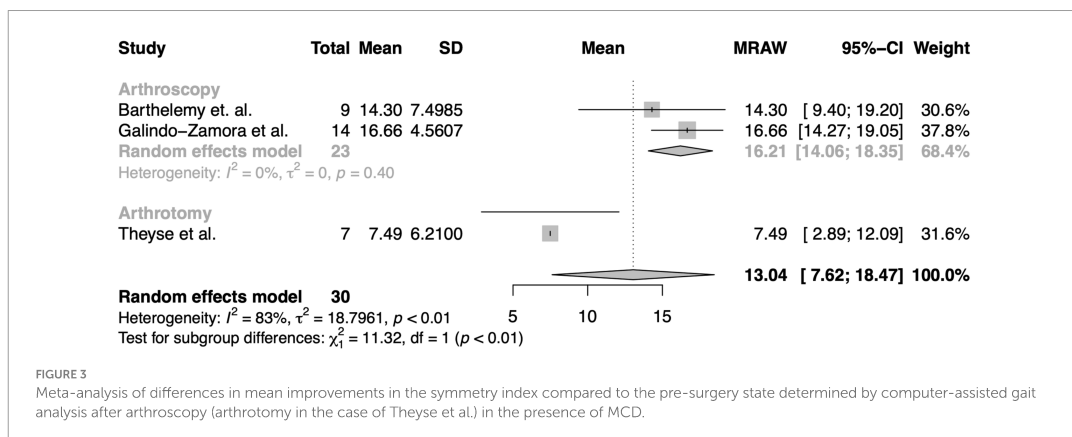
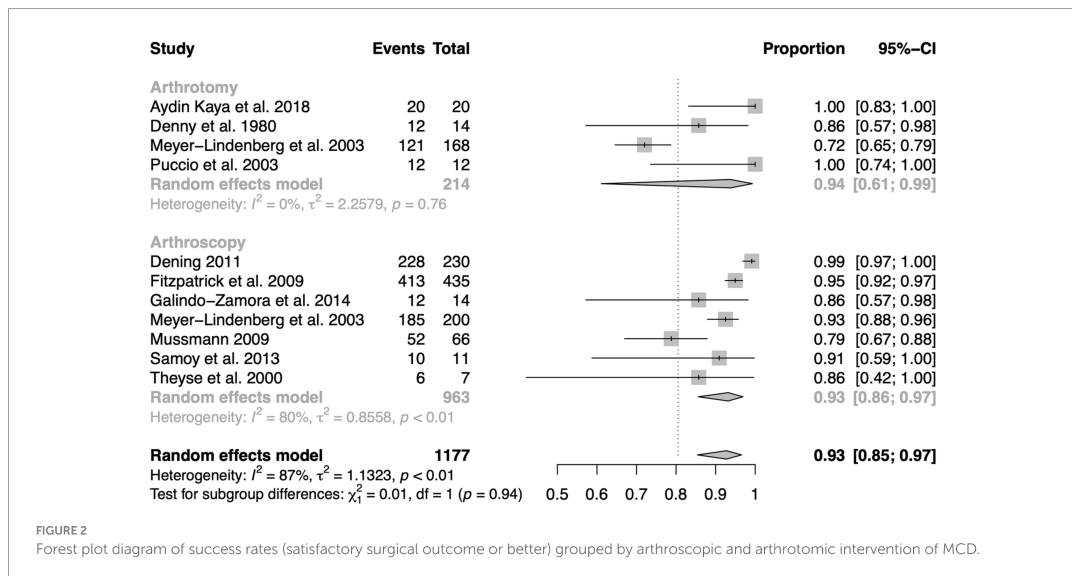
4. Discussion

This systematic review evaluated 14 studies on outcomes of therapy for canine medial elbow compartment disorders. Thus, this study is more extensive than an earlier systematic review from the year 2008 with a total of four studies (26).

The first meta-analysis of the success rate (Figure 2) attests surgery a high percentage of satisfactory to very good results. The study design of the underlying publications is however susceptible to observer bias and placebo effect. Owners and veterinarians assessing the lameness and pain condition may overestimate the effect of the surgery compared to the actual improvement due to their expectations.

The second meta-analysis of the mean difference between pre-surgery and post-surgery symmetry indices is not susceptible to observer bias and placebo effect, as these values were computerized. Accordingly, there is clear evidence that surgical intervention produces an improvement in lameness ($p < 0.01$). Nevertheless, this meta-analysis does not explore the relative efficacy of surgery in comparison to non-invasive conservative therapy approaches.

This is addressed utilizing standardized mean difference by the third meta-analysis which probes into the disparities in lameness levels stemming from conservative and surgical therapies. Its conclusion drawn suggests that the existing evidence is inadequate to affirm a considerable disparity between non-invasive medical and surgical management. But there is also a possibility of systematic errors occurring in this meta-analysis: The way in which subjects are divided into the different groups is problematic. Even though studies that classified their subjects based on degrees of lameness and arthrosis were excluded from the outset, the included studies partially used no selection mechanisms to assign patients to groups that were based on true randomness. For instance, allocating the patient to its group by presentation time with the first half of the dogs being assigned to group I and all subsequent patient to group II carries a high risk for selection bias. It does not represent a valid randomization mechanism, because although the balance may be guaranteed, the next allocation is easily recognizable. This form of randomization, called quasi-randomization, must be distinguished in quality from truly random procedures. And secondly, the number of studies ($n = 3$) and the total number of elbows ($n = 148$) were limited. The low sample size is especially problematic when looking at the results of subgroup analyses where the number of dogs was reduced even further. Looking at the combined outcomes of both surgical entities is not optimal either because it can lead to substantial distortion of the overall surgical results.



Also, all three meta-analyses evaluated show a tendency to systematic errors since studies dealing with surgery outcomes are usually not double-blinded for ethical reasons. This is in line with the assessment of evidence using the Cochrane Musculoskeletal Group Guidelines' evidence classification system. All the studies that formed part of the three meta-analyses had a quality of evidence of bronze or silver level only, considerably lessening their interpretive power.

Meta-analyses can only ever be as good as the primary studies available to them (27). Nevertheless, this work highlights that surgical intervention of medial compartment disease performs favorably over the pre-surgery condition in non-controlled pre-surgery-post-surgery cross-over trials that determined owner satisfaction, as well as lameness levels or performed objective gait analyses.

However, when directly comparing conservative and surgical therapy in studies with groups of different treatment approaches, the situation is complicated. A general superiority or inferiority of surgical compared to conservative management was not proven with the help of this meta-analysis due to lack of significance. This is in agreement with the assessment of other authors who then followed up saying that the decision for or against surgical therapy remains a question of the severity of the disease, the progression of the osteoarthritis, the age of the patient and ultimately also the preference of the surgeon (14, 28). Unassailable evidence of these proposals, however, remains to be found. The authors of this article do not want to rule out that superiority of surgical therapy may in the future be clearly proven. This could be in certain breeds, age groups and specific radiologic or arthroscopic findings even though prior research concluded that radiographs as well as computed tomography are limited in finding erosions of the medial elbow compartment (29). Further studies with higher numbers of subjects, detailed anamnestic documentation on race, age, body condition score, duration of disease, degrees of osteoarthritis and existing concomitant disease will be required. It is expected that reliable recommendations can then be made to assist clinician and patient owner in their decision finding process. Given the results presented and the limited availability of high-quality studies, the authors believe it is plausible that for many affected dogs, conservative therapy could be on par with surgery. And as long as there is absence of strong evidence supporting the superiority of surgical treatment, conservative therapy might more often be the sensible approach for both ethical and financial reasons.

References

- Meyer-Lindenberg A, Fehr M, Nolte I. Co-existence of ununited anconeal process and fragmented medial coronoid process of the ulna in the dog. *J Small Anim Pract.* (2006) 47:61–5. doi: 10.1111/j.1748-5827.2006.00051.x
- Group IEW. *About Iewg.* (2023). Available at: <http://www.vet-iewg.org/about/>.
- Van Ryssen B, van Bree H. Arthroscopic findings in 100 dogs with elbow lameness. *Vet Rec.* (1997) 140:360–2. doi: 10.1136/vr.140.14.360
- Vermote KAG, Bergenhuyzen ALR, Gielen I, van Bree H, Duchateau L, Van Ryssen B. Elbow lameness in dogs of six years and older: arthroscopic and imaging findings of medial coronoid disease in 51 dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol.* (2010) 23:43–50. doi: 10.3415/Vcot-09-03-0032
- Fitzpatrick N, Smith TJ, Evans RB, Yeardon R. Radiographic and arthroscopic findings in the elbow joints of 263 dogs with medial coronoid disease. *Vet Surg.* (2009) 38:213–23. doi: 10.1111/j.1532-950X.2008.00489.x
- Moher D, Shamseer L, Clarke M, Ghersi D, Liberati A, Petticrew M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Syst Rev.* (2015) 4:1. doi: 10.1186/2046-4053-4-1
- Maxwell L, Santesso N, Tugwell PS, Wells GA, Judd M, Buchbinder R. Method guidelines for Cochrane musculoskeletal group systematic reviews. *J Rheumatol.* (2006) 33:2304–11.
- Theyse LFH, Hazewinkel HAW, van den Brom WE. Force plate analyses before and after surgical treatment of unilateral fragmented coronoid process. *Vet Comp Orthop Traumatol.* (2000) 13:135–40. doi: 10.1055/s-0038-1632648
- Fanchon L, Grandjean D. Accuracy of asymmetry indices of ground reaction forces for diagnosis of hind limb lameness in dogs. *Am J Vet Res.* (2007) 68:1089–94. doi: 10.2460/ajvr.68.10.1089
- Galindo-Zamora V, Dziallas P, Wolf DC, Kramer S, Abdelhadi J, Lucas K, et al. Evaluation of thoracic limb loads, elbow movement, and morphology in dogs before and after arthroscopic management of unilateral medial coronoid process disease. *Vet Surg.* (2014) 43:819–28. doi: 10.1111/j.1532-950X.2014.12250.x
- Volstad NJ, Sandberg G, Robb S, Budsberg SC. The evaluation of limb symmetry indices using ground reaction forces collected with one or two force plates in healthy dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol.* (2017) 30:54–8. doi: 10.3415/vcot-16-04-0054
- Bockstahler BA, Vobornik A, Müller M, Peham C. Compensatory load redistribution in naturally occurring osteoarthritis of the elbow joint and induced weight-bearing lameness of the forelimbs compared with clinically sound dogs. *Vet J.* (2009) 180:202–12. doi: 10.1016/j.tvjl.2007.12.025
- Higgins JPTI, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ, Welch VA. *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions version 5.2* The Cochrane Collaboration (2017).

Data availability statement

The original contributions presented in the study are included in the article/Supplementary material, further inquiries can be directed to the corresponding author.

Author contributions

HK contributed to the conception and study design, development of methodology, database search, identification of relevant literature, evidence classification, as well as draft, revisions, approval, and submission of the article. YZ and HK conducted the statistical analysis (meta-analysis). AM-L contributed to the supervision, revision of the article for intellectual content, and approval of the final article. All authors contributed to the article and approved the submitted version.

Conflict of interest

The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's note

All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.

Supplementary material

The Supplementary material for this article can be found online at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2023.1228497/full#supplementary-material>

14. Bouck GR, Miller CW, Taves CL. A comparison of surgical and medical treatment of fragmented coronoid process and osteochondritis dissecans of the canine elbow. *Vet Comp Orthop Traumatol.* (1995) 8:177–83. doi: 10.1055/s-0038-1632452
15. Dempsey LM, Maddox TW, Comerford EJ, Pettitt RA, Tomlinson AW. A comparison of owner-assessed long-term outcome of arthroscopic intervention versus conservative management of dogs with medial coronoid process disease. *Vet Comp Orthop Traumatol.* (2019) 32:001–9. doi: 10.1055/s-0038-1676293
16. Baldus IMV. *Langzeitergebnisse Nach Arthroskopischer Therapie Der Koronoiderkrankung Im Vergleich Zu Den Ellbogengelenken Konservativ Behandelte Hunde [Dissertation]*. Gießen: Justus-Liebig-Universität (2013).
17. Barthelemy NP, Griffon DJ, Ragetly GR, Carrera I, Schaeffer DJ. Short- and long-term outcomes after arthroscopic treatment of young large breed dogs with medial compartment disease of the elbow. *Vet Surg.* (2014) 43:935–43. doi: 10.1111/j.1532-950X.2014.12255.x
18. Samoy YC, de Bakker E, Van Vynckt D, Coppeters E, van Bree H, Van Ryssen B. Arthroscopic treatment of fragmented coronoid process with severe elbow incongruity. Long-term follow-up in eight Bernese Mountain dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol.* (2013) 26:27–33. doi: 10.3415/vcot-11-06-0087
19. Fitzpatrick N, Smith TJ, Evans RB, O'Riordan J, Yeadon R. Subtotal coronoid ostectomy for treatment of medial coronoid disease in 263 dogs. *Vet Surg.* (2009) 38:233–45. doi: 10.1111/j.1532-950X.2008.00491.x
20. Puccio M, Marino DJ, Stefanacci JD, McKenna B. Clinical evaluation and long-term follow-up of dogs having coronoidectomy for elbow incongruity. *J Am Anim Hosp Assoc.* (2003) 39:473–8. doi: 10.5326/0390473
21. Denning R. *Untersuchungen Zur Therapie Des Fragmentierten Processus Coronoides Medialis Der Ulna Des Hundes: Einfluss Bestehender Intraartikulärer Veränderungen Auf Das Therapieergebnis/Ricarda Denning [Dissertation]*. Hannover: Tierärztliche Hochschule Hannover (2011).
22. Mussmann K. *Ellbogengelenkdysplasie Des Hundes: Studie Zur Bildgebenden Diagnostik Und Postoperativen Erfolgskontrolle Mittels Computerisierter Ganganalyse [Dissertation]*. München: LMU (2009).
23. Meyer-Lindenberg A, Langhann A, Fehr M, Nolte I. Arthrotomy versus arthroscopy in the treatment of the fragmented medial coronoid process of the ulna (FCP) in 421 dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol.* (2003) 16:204–10. doi: 10.1055/s-0038-1632780
24. Denny HR, Gibbs C. The surgical-treatment of osteochondritis dissecans and ununited coronoid process in the canine elbow joint. *J Small Anim Pract.* (1980) 21:323–31. doi: 10.1111/j.1748-5827.1980.tb01254.x
25. Aydin Kaya D, Altunatmaz K. The clinical and radiological evaluation of medial coronoid disease in dogs: 20 cases. *Kafkas Univ Vet Fak Derg.* (2018) 24:709–16. doi: 10.9775/kvfd.2018.19772
26. Evans RB, Gordon-Evans WJ, Conzemius MG. Comparison of three methods for the management of fragmented medial coronoid process in the dog. A systematic review and meta-analysis. *Vet Comp Orthop Traumatol.* (2008) 21:106–9. doi: 10.3415/Vcot-07-04-0031
27. Sharpe D. Of apples and oranges, file drawers and garbage: why validity issues in meta-analysis will not go away. *Clin Psychol Rev.* (1997) 17:881–901. doi: 10.1016/s0272-7358(97)00056-1
28. Burton NJ, Owen MR, Kirk LS, Toscano MJ, Colborne GR. Conservative versus arthroscopic management for medial coronoid process disease in dogs: a prospective gait evaluation. *Vet Surg.* (2011) 40:972–80. doi: 10.1111/j.1532-950X.2011.00900.x
29. Moores AP, Benigni L, Lamb CR. Computed tomography versus arthroscopy for detection of canine elbow dysplasia lesions. *Vet Surg.* (2008) 37:390–8. doi: 10.1111/j.1532-950X.2008.00393.x

Supplementary Material

Therapeutic Success in Fragmented Coronoid Process Disease and Other Canine Medial Elbow Compartment Pathology: A Systematic Review with Meta-Analyses

Hubertus Kähn¹, Yury Zablotski¹, Andrea Meyer-Lindenberg¹

* **Correspondence:** Hubertus Kähn: h.kaehn@lmu.de

Supplementary data 1: Search phrase Pubmed

("Dogs"[Mesh] OR dog[tw] OR dogs[tw] OR canine*[tw]) AND ("fragmented coronoid process*[tw] OR "fragmented medial coronoid process*[tw] OR "coronoid disease*[tw] OR "medial coronoid*[tw] OR "coronoid process*[tw] OR "medial compartment disease*[tw] OR "medial compartment syndrome*[tw] OR "jump-down syndrome*[tw] OR "fractured coronoid*[tw] OR "coronoid fracture*[tw] OR "united coronoid*[tw]) AND ("ulna osteotom*[tw] OR "ulnar osteotom*[tw] OR "coronoid ostectom*[tw] OR "coronoidectom*[tw] OR "arthroscop*[tw] OR "elbow replacement*[tw] OR "joint replacement*[tw] OR "arthroplast*[tw] OR "elbow resurfacing"[tw] OR "humeral osteotom*[tw] OR "humerus osteotom*[tw] OR "treatment*[tw] OR "surger*[tw] OR "removal*[tw] OR "biceps tendon release" OR "biceps ulnar release*[tw] OR "ulnar release procedure*[tw] OR "therap*[tw])

Supplementary data 2: Search phrase Web of Science

((TS=((Dog* OR canine*))) AND TS=(("fragment* coronoid *process*" OR "fragment* media* coronoid* process*" OR "coronoid disease*" OR "medial coronoid*" OR "coronoid process*" OR "media* compartment* disease*" OR "media* compartment* syndrome*" OR "jump-down syndrome*" OR "fracture* coronoid*" OR "coronoid* fracture*" OR "ununit* coronoid*"))) AND TS=(("ulna osteotom*" OR "ulnar osteotom*" OR "coronoid ostectom*" OR "coronoidectom*" OR "arthroscop*" OR "elbow replacement*" OR "joint replacement*" OR "arthroplast*" OR "elbow resurfacing" OR "humeral osteotom*" OR "humerus osteotom*" OR "treatment*" OR "surger*" OR "removal*" OR "biceps tendon release" OR "biceps ulnar release*" OR "ulnar release procedure*" OR "therap*"))

Supplementary data 3: Search phrase MEDLINE

(exp Dogs/ or dog.mp. or dogs.mp. or canine*.mp.) and ("fragment* coronoid* process*.mp. or "fragment* media* coronoid* process*.mp. or "coronoid* disease*.mp. or "media* coronoid*.mp. or "coronoid* process*.mp. or "media* compartment* disease*.mp. or "media* compartment* syndrome*.mp. or jump-down syndrome*.mp. or fracture* coronoid*.mp. or "coronoid* fracture*.mp. or "ununit* coronoid*.mp.) and ("ulna* osteotom*.mp. or "coronoid* ostectom*.mp. "coronoidectom*.mp. or "arthroscop*.mp. or "elbow* replacement*.mp. or "joint* replacement*.mp. or "arthroplast*.mp. or "elbow* resurfacing*.mp. or "humer* osteotom*.mp. or "treatment*.mp. or "surger*.mp. or "removal*.mp. or "bicep* tendon* release*.mp. or "bicep* ulna* release*.mp. or "ulna* release* procedure*.mp. "therap*.mp.)

IV. DISKUSSION

Die optimale Therapie der Ellbogengelenksdysplasie (ED) als häufigste Ursache für eine Lahmheit und Schmerzen der Vordergliedmaße (Morgan et al. 1999, Morgan et al. 2000) beim Hund ist von entscheidender Bedeutung für das Wohl betroffener Hunderassen.

Da es zu Therapiemöglichkeiten und -ergebnissen bei der ED bisher nur eine auf systematische Weise angefertigte Übersichtsarbeit gibt (Evans et al. 2008), war es Ziel der vorliegenden Studie, die Ergebnisse anhand einer möglichst umfassenden Studienzahl bis in das Jahr 2022 zu untersuchen. Sie bewertete 14 Studien zu den Ergebnissen der Therapie von Erkrankungen des medialen Ellbogenkompartiments bei Hunden und ist damit umfangreicher als die Studie von Evans et al., die insgesamt vier Studien umfasste.

Eingeschlossen wurden alle randomisierten, quasi-randomisierten und Studien, die ihre Patienten aufgrund von Besitzer- oder Chirurgenwunsch in eine Gruppe eingeteilt hatten. Ausgeschlossen wurden Studien, die die Wahl der Intervention bzw. die Gruppenzuteilung anhand von Ergebnissen der orthopädischen Untersuchung, Arthrosegraden oder Anamnesedaten durchführten. Dies hatte zum Ziel den Einfluss von Selektionsbias zu reduzieren.

Die erste Meta-Analyse zur Erfolgsrate bescheinigt der chirurgischen (Erfolgsrate 0,94, $I^2=0\%$, $p=0,76$) und der arthroskopischen Therapie (Erfolgsrate 0,93, $I^2=80\%$, $p<0,01$) einen hohen Prozentsatz an zufriedenstellenden bis sehr guten Ergebnissen (Kähn et al. 2023). Sie bestätigt die Ergebnisse der systematischen Übersichtsarbeit aus dem Jahr 2008 (Evans et al. 2008).

Das Design der dieser vorliegenden ersten von drei Meta-Analysen zugrundeliegenden Publikationen ist anfällig für Beobachterfehler und Placebo-Effekte. Hundebesitzer und Tierärzte könnten die Wirkung der Operation aufgrund ihrer Erwartungen im Vergleich zur tatsächlichen Verbesserung überschätzen.

Die zweite von drei Meta-Analyse über den durchschnittlichen Unterschied zwischen den Symmetrie-Indizes vor und nach der Operation ist nicht anfällig für Beobachterfehler und Placebo-Effekte, da diese Werte computergestützt waren. Es gibt klare Hinweise darauf, dass chirurgische Eingriffe eine Verbesserung der

Lahmheit bewirken ($p < 0,01$) (Kähn et al. 2023). Diese zweite von insgesamt drei Meta-Analyse vergleicht jedoch nicht die relative Wirksamkeit von chirurgischen Eingriffen mit konservativen Therapieansätzen.

Genau das, also den Vergleich einer konservativen mit einer chirurgischen oder arthroskopischen Gruppe, wird in der dritten Meta-Analyse der vorliegenden systematischen Übersichtsarbeit behandelt. Weder die Arthroskopie noch die Arthrotomie schnitten gegenüber der konservativen Therapie gut ab (Kähn et al. 2023). Gegenüber der Arthrotomie überlag die konservative Therapie mit einer standardisierten mittleren Differenz (SMD) von 0,19 und gegenüber der Arthroskopie mit einer SMD von 0,52 (Kähn et al. 2023). Jedoch waren weder die Ergebnisse der Subgruppenanalyse der verschiedenen Therapiemethoden noch das Gesamtergebnis statistisch relevant ($p = 0,15$) (Kähn et al. 2023). Dies lässt vermuten, dass die vorhandenen Beweise nicht ausreichen, um einen erheblichen Unterschied zwischen nicht-invasiver konservativer und konventionell chirurgischer oder arthroskopischer Behandlung zu bestätigen. Diese Vermutung muss jedoch mit äußerster Vorsicht betrachtet werden, da eine Differenzierung der verschiedenen Erkrankungsbilder im medialen Ellbogenkompartiment nicht vorgenommen wurde und dies eine deutliche Schwachstelle der vorliegenden Arbeit darstellt. Sie steht damit auch im Widerspruch zu der früheren systematischen Übersichtsarbeit mit einer Meta-Analyse aus dem Jahr 2008 (Evans et al. 2008). Diese hatte vier Studien aus dem Jahr 2002 und älter inkludiert und kam zu dem Schluss, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 62 % die Arthrotomie der konservativen Behandlung überlegen war. Darüber hinaus schlussfolgerten die Autoren auf Basis eines indirekten Vergleichs zwischen Arthrotomie und Arthroskopie, in der die Arthroskopie überlegen war, dass diese somit auch dem konservativen Management überlegen sein müsse (Evans et al. 2008). Die Abweichung im Endergebnis zwischen der vorliegenden und der vorherigen Arbeit aus 2008 ist vermutlich multifaktoriell. Die vorliegende Studie verglich die verschiedenen Therapien direkt miteinander und ließ keine indirekten Vergleiche zu. Außerdem wichen die Studienauswahl und Einschlusskriterien voneinander ab und aktuellere Studien aus 2013 und 2019 konnten seitdem eingeschlossen werden (Baldus 2013, Dempsey et al. 2019). Schlussendlich unterschieden sich auch die statistischen Verfahren. Im Fall der früheren systematischen Übersichtsarbeit wurde eine Bayes-Meta-Analyse und in dieser Arbeit eine Meta-Analyse der

standardisierten mittleren Differenz gewählt (Kähn et al. 2023).

Darüber hinaus gibt es weitere Limitationen: Das Risiko auf systematische Fehler in dieser dritten und letzten vorliegenden Meta-Analyse ist beträchtlich. Erstens waren die Anzahl der Studien ($n=3$) und die Gesamtzahl der Ellbogen ($n=148$) begrenzt. Zweitens ist die Art und Weise, wie die Probanden in die verschiedenen Gruppen eingeteilt wurden problematisch. Obwohl von vornherein Studien ausgeschlossen wurden, die ihre Probanden nach Grad der Lahmheit und Arthrose klassifizierten, verwendeten die eingeschlossenen Studien teilweise keine echten Zufallsmethoden zur Gruppeneinteilung. Eine solche Zuweisung trägt ein hohes Risiko für Selektionsverzerrungen (Campbell und Stanley 1966). Diese Form der Zufallseinteilung, auch als Quasi-Zufallseinteilung bezeichnet, muss von wirklich zufälligen Verfahren unterschieden werden (Campbell und Stanley 1966, Shadish et al. 2002, Reeves et al. 2017).

Alle drei Meta-Analysen der vorliegenden systematischen Übersichtsarbeit zeigten eine Tendenz zu weiteren systematischen Fehlern, da Studien zu Operationsergebnissen aus ethischen Gründen in der Regel nicht doppelt verblindet sind. Dies entspricht der Bewertung der Beweislage nach den Richtlinien der Cochrane Musculoskeletal Group (Maxwell et al. 2006). Die Studien, die Teil der drei Meta-Analysen waren, wiesen nur eine Beweisqualität auf Bronze- oder maximal Silberebene auf, was ihre Aussagekraft erheblich einschränkt (Kähn et al. 2023). Darüber hinaus sind Meta-Analysen immer nur so gut wie die ihnen zur Verfügung stehenden Primärstudien (Sharpe 1997). So war in vielen vorliegenden Studien nicht eindeutig klar, welche Gelenkspathologie genau therapiert wurde, was die Aussagekraft der vorliegenden systematischen Übersicht und den drei Meta-Analysen deutlich limitiert. Oft war nicht valide dokumentiert, welche genauen Befunde vorlagen. So war nicht zuverlässig aufgezählt, ob der FPC mit oder ohne begleitenden Knorpelulsen und mit oder ohne und wenn ja, welcher Art von Ellbogengelenksinkongruenz auftrat. Dies unvollständige Datenlage trat auf, obwohl viele vorherige Autoren von unterschiedlichen Therapieergebnissen, je nach vorliegenden Befunden im Gelenk, aber auch bei verschiedenen Anamnesedaten wie Alter oder Rasse, berichteten. So ergaben Studien bei chronischen Fällen deutlich schlechtere Ergebnisse der arthroskopischen als auch konventionell chirurgischen Therapie (Grondalen 1979, Berzon und Quick 1980, Bennett et al. 1981, Huijbregtse et al. 1994, Bouck et al. 1995, Burton et al. 2011).

Es gibt jedoch auch Studien, die keine wesentliche Unterschiede im Therapieerfolg zum Beispiel beim Auftreten des FPC zusammen mit einer OCD fanden (Winhart 1991).

Dennoch zeigt die vorliegende Arbeit, dass chirurgische Eingriffe bei verschiedenen Erkrankungen des medialen Ellbogengelenks im Vergleich zum Zustand vor der Operation in nicht-kontrollierten Vorher-Nachher-Studien, die die Zufriedenheit der Besitzer sowie die Lahmheitsgrade oder objektive Ganganalysen ermittelten, günstig abschneiden (Kähn et al. 2023).

Aber die dritte Meta-Analyse der vorliegenden systematischen Übersichtsarbeit, die Studien synthetisierte, in denen die konservative und konventionell chirurgische oder arthroskopische Therapie direkt verglichen wurden, erbringt kontroverse Ergebnisse zur vorherrschenden Meinung, dass die Arthrotomie bzw. idealerweise die Arthroskopie das Mittel der Wahl für Erkrankungen des medialen Kompartiments darstellen (Kähn et al. 2023). Eine allgemeine Über- oder Unterlegenheit der chirurgischen im Vergleich zur konservativen Behandlung wurde mit Hilfe dieser dritten Meta-Analyse aufgrund fehlender Signifikanz nicht nachgewiesen (Kähn et al. 2023). Dies steht im Einklang mit der Bewertung anderer Autoren, die darauf hinwiesen, dass die Entscheidung für oder gegen eine chirurgische Therapie immer von der Schwere der Erkrankung, dem Fortschreiten der Arthrose, dem Alter des Patienten und letztlich auch der Vorliebe des Chirurgen abhängt (Huibregtse et al. 1994, Bouck et al. 1995, Burton et al. 2011). Zu einer ähnlichen Schlussfolgerung kommen die narrativen Literaturübersichten (Michelsen 2013, Coppieters et al. 2015), aber nicht die bereits erwähnte frühere systematische Übersichtsarbeit (Evans et al. 2008), die sowohl der Arthroskopie als auch der Arthrotomie im Vergleich mit dem konservativen Management, bessere Ergebnisse bescheinigt hatte. Die Autoren der vorliegenden Studie können nicht ausschließen, dass die Überlegenheit der chirurgischen oder arthroskopischen Therapie in der Zukunft deutlich nachgewiesen werden könnte. Dies mag für bestimmte Rassen, Altersgruppen und spezifische radiologische oder arthroskopische Befunde gelten, obwohl frühere Forschungen ergaben, dass Röntgenaufnahmen sowie Computertomographien bei der Erkennung von Erosionen des medialen Ellbogengelenks begrenzt sind (Moores et al. 2008). Weitere Studien mit höheren Probandenzahlen, korrekter Randomisierung, detaillierter Anamnese zu Rasse, Alter, Körperkondition, Krankheitsdauer, Grad

der Arthrose und vorhandenen Begleiterkrankungen werden erforderlich sein. Dann könnten verlässlichere Empfehlungen gegeben werden, um Tierarzt und Tierbesitzer bei ihrer Entscheidungsfindung zur richtigen Therapie zu unterstützen.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Die optimale Behandlung von Erkrankungen des medialen Ellbogenkompartiments ist in der modernen Kleintierorthopädie umstritten. Ziel dieser Studie war es, die gesamte relevante Literatur zur Therapie des fragmentierten Processus coronoideus medialis der Ulna und anderer erblicher Störungen des medialen Ellbogenkompartiments zu sichten und die Therapieergebnisse statistisch zu bündeln, um eine Gesamtwahrheit zu ermitteln. Die Grundlage für die systematische Literaturrecherche war eine umfassende Datenbanksuche der für die Tiermedizin durch die Universitätsbibliothek der Ludwig-Maximilians-Universität München aufgeführten Top-Datenbanken: Web of Science, PubMed und Medline. Studien an lebenden Patienten mit Erkrankung des medialen Kompartiments (FCP, OCD, Knorpelusura) wurden in die erste Literatursuche einbezogen. Die Daten der entsprechend den PRISMA-Richtlinien ausgewählten Studien wurden danach extrahiert. Schließlich wurde der Erfolg der verschiedenen Therapien durch drei Meta-Analysen verglichen und analysiert: 1. Erfolgsrate, 2. mittlere Differenz und 3. standardisierte mittlere Differenz. Von den 494 durch die systematische Literatursuche erfassten Publikationen konnten 14 Publikationen in die Arbeit fließen. Das Ergebnis der Meta-Analysen war: In Studien, in denen die Ergebnisse der Operationen durch eine orthopädische Untersuchung und Fragebögen der Besitzer ermittelt wurden, wurde festgestellt, dass chirurgische Eingriffe bei Vorliegen eines FPC und anderer Erkrankungen des medialen Kompartiments ein signifikant positives Ergebnis hatten. Chirurgische Ergebnisse waren auch in drei Cross-over-Studien gut, die den Behandlungserfolg mit Hilfe von computergestützter Ganganalyse untersuchten. Im Gegensatz dazu lieferte die Synthese von Studien, die zwischen konventionell chirurgischer oder arthroskopischer und konservativer Behandlung verglichen, kontroverse Ergebnisse. Jene letzte von insgesamt drei Meta-Analysen der vorliegenden Arbeit fand keinen signifikanten Unterschied zwischen diesen Therapiemethoden. Dabei wurde deutlich, dass Meta-Analysen immer nur so gut sind, wie die ihnen zur Verfügung stehenden Primärstudien. Es wurde bei den Studien oft nicht valide dokumentiert, welche genauen Befunde im Gelenk vorlagen, was die Aussagekraft der Meta-Analysen deutlich einschränkt.

VI. SUMMARY

The optimal treatment for developmental pathology within medial elbow compartment is controversial in modern small animal orthopedics. The aim of this study was to compile all relevant literature of the therapy of fragmented coronoid process and other developmental disorders of the medial elbow compartment and to statistically evaluate the therapeutic results in three meta-analyses. The basis for the systematic literature review was a comprehensive database search of Web of Science, PubMed and Medline. Studies on living patients with developmental disease of the medial elbow compartment were included in the initial literature search. The data of the according to the PRISMA guidelines selected final studies was afterwards extracted. Finally, the success of the different therapies was compared and analyzed by three meta-analyses: 1. success rate, 2. mean difference and 3. standardized mean difference. 14 of 494 publications were included in the final analysis. Their overall truth was: In studies where surgery outcomes were determined by orthopedic examination and owner questionnaires, it was found that surgical intervention had a significant positive outcome in the presence of fragmented coronoid process and other pathology of the medial compartment. Surgical outcomes were also good in three cross-over studies that investigated treatment success using computerized gait analysis. In contrast, comparative studies between surgical and conservative management yielded controversial results. The final of three meta-analyses in this study found no significant difference between these treatment methods. It became clear that meta-analyses are only as good as the primary studies available to them. A limitation often noted in the studies is that the exact findings within the joint were not validly documented, which significantly restricts the meaningfulness of the meta-analyses.

VII. LITERATURVERZEICHNIS

Agresti A

An introduction to categorical data analysis. (2. Ausgabe)

New York (NY), John Wiley & Sons, 1996: 57

Amadio A, Corriveau KM, Norby B, Stephenson TR, Saunders WB

Effect of proximal abducting ulnar osteotomy (PAUL) on frontal plane thoracic limb alignment: An ex vivo canine study.

Veterinary Surgery. 2020; 49(7): 1437-1448

Ashrafian H, Ara D, Athanasiou T

Evidence synthesis in healthcare: A practical handbook for clinicians.

In Athanasiou T and Darzi A (1. Ausgabe), London, Springer London, 2011: 1-46

Baldus IMV

Langzeitergebnisse nach arthroskopischer Therapie der Koronoiderkrankung im Vergleich zu den Ellbogengelenken konservativ behandelte Hunde.

Dissertation, Gießen, Justus-Liebig-Universität, 2013

Bardet JF, Bureau S

Fragmentation of the coronoid process in dogs. A case-control study of 83 elbows treated by shortening osteotomy of the proximal ulna.

Pratique Médicale et Chirurgicale de l'Animal de Compagnie. 1996; 31(5): 451-463

Barthelemy NP, Griffon DJ, Ragetly GR, Carrera I, Schaeffer DJ

Short- and long-term outcomes after arthroscopic treatment of young large breed dogs with medial compartment disease of the elbow.

Veterinary Surgery. 2014; 43(8): 935-943

Bennett D, Duff SR, Kene RO, Lee R

Osteochondritis dissecans and fragmentation of the coronoid process in the elbow joint of the dog.

The Veterinary record. 1981; 109(15): 329-336

Berzon J, Quick C

Fragmented coronoid process: Anatomical, clinical, and radiographic considerations with case analyses [dogs].

Journal of American Animal Hospital Association. 1980: 241-251

Beuing R, Janssen N, Wurster H, Schmied O, Flückiger M

Untersuchungen zur züchterischen Bedeutung der Ellbogendysplasie (ED) beim Berner Sennenhund in Deutschland.

Schweizer Archiv für Tierheilkunde. 2005; 147(11): 491-497

Bonath KH, Prieur W-D

Osteochondrosekomplex am Ellbogen.

In Bonath KH and Prieur W-D: Kleintierkrankheiten Band 3 Orthopädische Chirurgie und Traumatologie (1. Ausgabe), Stuttgart, Ulmer, 1998: 394-395

Borenstein M, Hedges LV, Higgins JP, Rothstein HR

A basic introduction to fixed-effect and random-effects models for meta-analysis.

Research Synthesis Methods. 2010; 1(2): 97-111

Bouck GR, Miller CW, Taves CL

A comparison of surgical and medical treatment of fragmented coronoid process and osteochondritis dissecans of the canine elbow.

Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology. 1995; 8(4): 177-183

Bruecker KA, Benjamino K, Vezzoni A, Walls C, Wendelburg KL, Follette CM, Déjardin LM, Guillou R

Canine Elbow Dysplasia: Medial Compartment Disease and Osteoarthritis.

Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice. 2021; 51(2): 475-515

Brunnberg L, Waibl H, Lehmann J, von Wense von der W

Lahmheit beim Hund: untersuchen - erkennen - behandeln. (1. Ausgabe)

Berlin, Procan Claudio Brunnberg, 2014: 230-250

Burgess DM

Fragmented coronoid process in the dog: Part II - Treatment and prognosis.

Australian Veterinary Practitioner. 2006; 36(3): 90-96

Burton NJ, Owen MR, Kirk LS, Toscano MJ, Colborne GR

Conservative versus arthroscopic management for medial coronoid process disease in dogs: A prospective gait evaluation.

Veterinary Surgery. 2011; 40(8): 972-980

Campbell DT, Stanley JC

Experimental and quasi-experimental designs for research.

In: Handbook of Research on Teaching, Boston, Houghton Mifflin Company, 1966: 1-71

Capaldo F, Kapatkin AS, Gilley RS

Diagnostic and surgical applications of arthroscopy in dogs: General applications and forelimb joint diseases.

Compendium on Continuing Education for The Practicing Veterinarian. 2005; 27: 580-594

Caron A, Fitzpatrick N

Bi-oblique dynamic proximal ulnar osteotomy: Surgical technique and clinical outcome in 86 dogs.

Veterinary Surgery. 2016; 45(3): 356-363

Cawley AJ, Archibald J

Ununited anconal processes of the dog.

Journal of the American Veterinary Medical Association. 1959; 134(10): 454-458

Coggeshall JD, Reese DJ, Kim SE, Pozzi A

Arthroscopic-guided ulnar distraction for the correction of elbow incongruity in four dogs.

Journal of Small Animal Practice. 2014; 55(1): 46-51

Coghill FJ, Ho-Eckart LK, Baltzer WI

Mid- to long-term outcome after arthroscopy and proximal abducting ulnar osteotomy versus arthroscopy alone in dogs with medial compartment disease: Thirty cases.

Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology. 2020; 34(02): 85-90

Collins KE, Cross AR, Lewis DD, Zapata JL, Goett SD, Newell SM, Rapoff AJ

Comparison of the radius of curvature of the ulnar trochlear notch of Rottweilers and Greyhounds.

American Journal of Veterinary Research. 2001; 62(6): 968-973

Cook JL

Forelimb lameness in the young patient.

Veterinary Clinics of North America-Small Animal Practice. 2001; 31(1): 55-83

Cook JL, Schulz KS, Karnes GJ, Franklin SP, Canapp SO, Lotsikas PJ, Fitzpatrick N, Wheeler JL, Stiffler KS, Gillick M, Cross AR, Walls CM, Albrecht MR, Williams N, Crouch DT, Lewis DD, Pozzi A, Ridge P

Clinical outcomes associated with the initial use of the Canine Unicompartmental Elbow (CUE) Arthroplasty System ®.

Canadian Veterinary Journal-Revue Veterinaire Canadienne. 2015; 56(9): 971-977

Cooper H

Synthesizing research: A guide for literature reviews. (3. Ausgabe)

Thousand Oaks, CA, US, Sage Publications, Inc, 1998: 149-152

Coppieters E, Gielen I, Verhoeven G, Van Vynckt D, Van Ryssen B

Erosion of the medial compartment of the canine elbow: occurrence, diagnosis and currently available treatment options.

Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology. 2015; 28(1): 9-18

Corley EA, Sutherland TM, Carlson WD

Genetic aspects of canine elbow dysplasia.

Journal of the American Veterinary Medical Association. 1968; 153(5): 543-547

Cuddy L, Pozzi A, Lewis D, Conrad BP, Horodyski M, Kim SE, Banks SA, Fitzpatrick N

Effect of proximal rotational ulnar osteotomy on ex vivo elbow contact mechanics and three-dimensional kinematics in dogs.

Tagungsband American College of Veterinary Surgeons Veterinary Symposium, Chicago, USA 2011: 24

Danielson KC, Fitzpatrick N, Muir P, Manley PA

Histomorphometry of fragmented medial coronoid process in dogs: A comparison of affected and normal coronoid processes.

Veterinary Surgery. 2006; 35(6): 501-509

de Bakker E, Gielen I, Saunders JH, Polis I, Vermeire S, Peremans K, Dewulf J, van Bree H, Van Ryssen B

Primary and concomitant flexor enthesopathy of the canine elbow.

Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology. 2013; 26(6): 425-434

de Bakker E, Samoy Y, Gielen I, Van Ryssen B

Medial humeral epicondylar lesions in the canine elbow. A review of the literature.

Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology. 2011; 24(1): 9-17

de Bakker E, Saunders J, Gielen I, van Bree H, Coppieters E, Van Ryssen B

Radiographic findings of the medial humeral epicondyle in 200 canine elbow joints.

Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology. 2012; 25(5): 359-365

De Sousa RJ, Parsons KJ, Owen MR, Grierson J, McKee WM, Kulendra E, Burton NJ

Radiographic, surgeon and owner assessment of the BioMedtrix TATE(®) elbow arthroplasty.

Veterinary Surgery. 2016; 45(6): 726-735

Deeks J, Higgins J, Altman D

Analysing data and undertaking meta-analyses.

In: Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions (Version 6.4),
Cochrane, 2023

Dempsey LM, Maddox TW, Comerford EJ, Pettitt RA, Tomlinson AW

A comparison of owner-assessed long-term outcome of arthroscopic intervention
versus conservative management for dogs with medial coronoid process disease.

Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology. 2019; 32(1): 1-9

Denny HR, Gibbs C

The surgical-treatment of osteochondritis dissecans and ununited coronoid process
in the canine elbow joint.

Journal of Small Animal Practice. 1980; 21(6): 323-331

Doig PA, Purbrick KA, Hare JE, McKeown DB

Clinical efficacy and tolerance of meloxicam in dogs with chronic osteoarthritis.

Canadian Veterinary Journal. 2000; 41(4): 296-300

Egger M, Davey Smith G, Schneider M, Minder C

Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test.

BMJ. 1997; 315(7109): 629-634

Ekman S, Carlson CS

The pathophysiology of osteochondrosis.

Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice. 1998; 28(1): 17-32

Eljack H, Böttcher P

Relationship between axial radioulnar incongruence with cartilage damage in dogs with medial coronoid disease.

Veterinary Surgery. 2015; 44(2): 174-179

Evans RB, Gordon-Evans WJ, Conzemius MG

Comparison of three methods for the management of fragmented medial coronoid process in the dog. A systematic review and meta-analysis.

Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology. 2008; 21(2): 106-109

Fitzpatrick N, Bertran J

Sliding humeral osteotomy: Reduction of major complication rate to zero and clinical outcome equivalence with or without focal coronoid treatment.

Tagungsband American College of Veterinary surgeons, Chicago, IL 2011: 26

Fitzpatrick N, Bertran J, Solano MA

Sliding humeral osteotomy: medium-term objective outcome measures and reduction of complications with a modified technique.

Veterinary Surgery. 2015; 44(2): 137-149

Fitzpatrick N, Caron A, Solano MA

Bi-oblique dynamic proximal ulnar osteotomy in dogs: reconstructed computed tomographic assessment of radioulnar congruence over 12 weeks.

Veterinary Surgery. 2013; 42(6): 727-738

Fitzpatrick N, Garcia TC, Daryani A, Bertran J, Watari S, Hayashi K

Micro-CT structural analysis of the canine medial coronoid disease.

Veterinary Surgery. 2016; 45(3): 336-346

Fitzpatrick N, Smith TJ, Evans RB, Yeadon R

Radiographic and arthroscopic findings in the elbow joints of 263 dogs with medial coronoid disease.

Veterinary Surgery. 2009; 38(2): 213-223

Fitzpatrick N, Yeadon R

Working algorithm for treatment decision making for developmental disease of the medial compartment of the elbow in dogs.

Veterinary Surgery. 2009; 38(2): 285-300

Fitzpatrick N, Yeadon R, Smith TJ

Early clinical experience with osteochondral autograft transfer for treatment of osteochondritis dissecans of the medial humeral condyle in dogs.

Veterinary Surgery. 2009; 38(2): 246-260

Fletcher R, Fletcher S, Fletcher G

Klinische Epidemiologie: Grundlagen und Methoden. (3. Ausgabe)

Göttingen, Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG, 2019: 325-328

Fossum TW

Chirurgie der Kleintiere. (5. Ausgabe)

München, Elsevier Health Sciences Germany, 2020: 1255-1272

Fox S, Bloomberg M, Bright R

Developmental anomalies of the canine elbow.

Journal of the American Animal Hospital Association. 1983; 19(5): 605–615

Franklin SP, Schulz KS, Karnes J, Cook JL

Theory and development of a unicompartamental resurfacing system for treatment of medial compartment disease of the canine elbow.

Veterinary Surgery. 2014; 43(7): 765-773

Fujita Y, Schulz KS, Mason DR, Kass PH, Stover SM

Effect of humeral osteotomy on joint surface contact in canine elbow joints.

American Journal of Veterinary Research. 2003; 64(4): 506-511

Gehr BT, Weiss C, Porzsolt F

The fading of reported effectiveness. A meta-analysis of randomised controlled trials.

BMC Medical Research Methodology. 2006; 6: 25-36

Gemmill TJ, Clements DN

Fragmented coronoid process in the dog: is there a role for incongruency?

Journal of Small Animal Practice. 2007; 48(7): 361-368

Gemmill TJ, Mellor DJ, Clements DN, Clarke SP, Farrell M, Bennett D, Carmichael S

Evaluation of elbow incongruency using reconstructed CT in dogs suffering fragmented coronoid process.

Journal of Small Animal Practice. 2005; 46(7): 327-333

Gordon G, Drummond R, Maureen OM, Deborah JC

Users' guides to the medical literature: Essentials of evidence-based clinical practice, third edition.

New York City, McGraw-Hill Education, 2014

Greco T, Zangrillo A, Biondi-Zoccai G, Landoni G

Meta-analysis: pitfalls and hints.

Heart Lung Vessel. 2013; 5(4): 219-225

Grondalen J

Arthrosis in the elbow joint of young rapidly growing dogs. III. Ununited medical coronoid process of the ulna and osteochondritis dissecans of the humeral condyle. Surgical procedure for correction and postoperative investigation.

Nordisk veterinærmedicin. 1979; 31(12): 520-527

Guthrie S

Use of a radiographic scoring technique for the assessment of dogs with elbow osteochondrosis.

Journal of Small Animal Practice. 1989; 30(11): 639-644

Hazewinkel H, Meij B, Nap R, Dijkshoorn N, Ubbink G, Wolvekamp W

Radiographic views for elbow dysplasia screening in Bernese Mountain Dogs.

Tagungsband 7. International Elbow Working Group Meeting, Constance, Germany, IEWG 1995: 29-32

Hazewinkel HA, Kantor A, Meij B, Voorhout G

Fragmented coronoid process and osteochondritis dissecans of the medial humeral condyle.

Tijdschrift voor diergeneeskunde. 1988; 113 Suppl 1: 41S-46S

Hazewinkel HAW

Elbow dysplasia, definition and known etiologies.

Tagungsband 22. IEWG Meeting, München 2007: 6-17

Hebel M, Panek WK, Ruszkowski JJ, Nabzdyk M, Niedzielski D, Pituch KC, Jackson AM, Kielbowicz M, Pomorska-Mól M

Computed tomography findings in a cohort of 169 dogs with elbow dysplasia - a retrospective study.

BMC Veterinary Research. 2021; 17(1): 296

Hermanson J, de Lahunta A

Miller's Anatomy of the Dog. (5. Ausgabe)

Philadelphia, Saunders, 2019: 316-318

Higgins J, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page M, Welch V

Cochrane handbook for systematic reviews of interventions. (Version 6.4)

Chichester (UK), The Cochrane Collaboration., 2023

Holsworth IG, Wisner ER, Scherrer WE, Filipowicz D, Kass PH, Pooya H, Larson RF, Schulz KS

Accuracy of computerized tomographic evaluation of canine radio-ulnar incongruence in vitro.

Veterinary Surgery. 2005; 34(2): 108-113

Horst C

Osteochondrosis dissecans beim Hund: Diagnose, Therapie und Prognose; eine retrospektive Untersuchung der Patienten der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere der Freien Universität Berlin in den Jahren 1993 bis 1998.

Dissertation, Berlin, Freie Universität, 2000

House MR, Marino DJ, Lesser ML

Effect of limb position on elbow congruity with CT evaluation.

Veterinary Surgery. 2009; 38(2): 154-160

Huibregtse BA, Johnson AL, Muhlbauer MC, Pijanowski GJ

The effect of treatment of fragmented coronoid process on the development of osteoarthritis of the elbow.

Journal of the American Animal Hospital Association. 1994; 30(2): 190-195

Hulse D, Young B, Beale B, Kowaleski M, Vannini R

Relationship of the biceps-brachialis complex to the medial coronoid process of the canine ulna.

Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology. 2010; 23(3): 173-176

Ihaka R, Gentleman R

R: A language for data analysis and graphics.

Journal of Computational and Graphical Statistics. 1996; 5(3): 299-314

Institute of Medicine Committee on Standards for Systematic Reviews of Comparative Effectiveness

Finding what works in health care: Standards for systematic reviews. (1. Ausgabe)

Washington (DC), National Academies Press, 2011: 137-153

International Elbow Working Group

About IEWG.

(2023) About IEWG

Abgerufen am 10.05.2021, 2023, von <http://www.vet-iewg.org/about/>

Ioannidis JP

Evolution and translation of research findings: from bench to where?

PLOS Clinical Trials. 2006; 1(7): e36

Kähn H, Zablotzki Y, Meyer-Lindenberg A

Therapeutic success in fragmented coronoid process disease and other canine medial elbow compartment pathology: A systematic review with meta-analyses.

Frontiers in Veterinary Science. 2023; 10: 1228497

Kealy RD, Lawler DF, Ballam JM, Mantz SL, Biery DN, Greeley EH, Lust G, Segre M, Smith GK, Stowe HD

Effects of diet restriction on life span and age-related changes in dogs.

Journal of the American Veterinary Medical Association. 2002; 220(9): 1315-1320

Khan KS, Kunz R, Kleijnen J

Systematische Übersichten und Meta-Analysen. (1. Ausgabe)

Berlin; Heidelberg, Springer, 2013: 10-77

Khan KS, Zamora J

Systematic reviews to support evidence-based medicine: How to appraise, conduct and publish reviews. (3. Ausgabe)

Boca Raton, Florida, CRC Press, 2022: 37-74

Kjaergard LL, Villumsen J, Gluud C

Reported methodologic quality and discrepancies between large and small randomized trials in meta-analyses.

Annals of Internal Medicine. 2001; 135(11): 982-989

Kramer A, Holsworth IG, Wisner ER, Kass PH, Schulz KS

Computed tomographic evaluation of canine radioulnar incongruence in vivo.

Veterinary Surgery. 2006; 35(1): 24-29

Kranz ST, Lesser AS

Radiographic evaluation of osteotomized ulnar segments following arthroscopic treatment for canine medial coronoid disease.

Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology. 2011; 24(5): 383-388

Krotscheck U, Kalafut S, Meloni G, Thompson MS, Todhunter RJ, Mohammed HO, van der Meulen MCH

Effect of ulnar ostectomy on intra-articular pressure mapping and contact mechanics of the congruent and incongruent canine elbow ex vivo.

Veterinary Surgery. 2014; 43(3): 339-346

LaFond E, Breur GJ, Austin CC

Breed susceptibility for developmental orthopedic diseases in dogs.

Journal of the American Animal Hospital Association. 2002; 38(5): 467-477

Lahiani J, Dunié-Mérigot A, Caron A, Le Boedec K, Ragetly G

Long-term outcomes after arthroscopic treatment of dogs affected by osteochondrosis dissecans of the humeral trochlea, with or without medial coronoid disease: 23 cases (2012-2020).

Canadian Journal of Veterinary Research. 2023; 87(3): 202-207

Lau J, Ioannidis JP, Schmid CH

Summing up evidence: one answer is not always enough.

The Lancet. 1998; 351(9096): 123-127

Lau SF, Hazewinkel HA, Voorhout G

Radiographic and computed tomographic assessment of the development of the antebrachia and elbow joints in Labrador Retrievers with and without medial coronoid disease.

Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology. 2015; 28(3): 186-192

Lau SF, Wolschrijn CF, Hazewinkel HA, Siebelt M, Voorhout G

The early development of medial coronoid disease in growing Labrador retrievers: radiographic, computed tomographic, necropsy and micro-computed tomographic findings.

The Veterinary Journal. 2013; 197(3): 724-730

Lewis D, Parker R, Hager D

Fragmented medial coronoid process of the canine elbow.

The Compendium on continuing education for the practicing veterinarian (USA). 1989; 11(6): 703-716

Lewis S, Clarke M

Forest plots: trying to see the wood and the trees.

BMJ. 2001; 322(7300): 1479-1480

Maierl J

Zur funktionellen Anatomie und Biomechanik des Ellbogengelenks (Articulatio cubiti) des Hundes (Canis familiaris).

Habilitationsschrift, München, 2003

Masic I, Miokovic M, Muhamedagic B

Evidence based medicine - new approaches and challenges.

Acta Informatica Medica. 2008; 16(4): 219-225

Mason DR, Schulz KS, Fujita Y, Kass PH, Stover SM

In vitro force mapping of normal canine humeroradial and humeroulnar joints.

American Journal of Veterinary Research. 2005; 66(1): 132-135

Mason DR, Schulz KS, Fujita Y, Kass PH, Stover SM

Measurement of humeroradial and humeroulnar transarticular joint forces in the canine elbow joint after humeral wedge and humeral slide osteotomies.

Veterinary Surgery. 2008; 37(1): 63-70

Mason DR, Schulz KS, Samii VF, Fujita Y, Hornof WJ, Herrgesell EJ, Long CD, Morgan JP, Kass PH

Sensitivity of radiographic evaluation of radio-ulnar incongruence in the dog in vitro.

Veterinary Surgery. 2002; 31(2): 125-132

Maxwell L, Santesso N, Tugwell PS, Wells GA, Judd M, Buchbinder R

Method guidelines for Cochrane Musculoskeletal Group systematic reviews.

The Journal of Rheumatology. 2006; 33(11): 2304-2311

McKenzie J, Brennan S, Ryan R, Thomson H, Johnston R

Summarizing study characteristics and preparing for synthesis.

In: Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions version 6.4, 2023

Meyer-Lindenberg A

Zur Diagnostik und Therapie entwicklungsbedingter Ellbogengelenkserkrankungen des Hundes.

Habilitationsschrift, Hannover, Tierärztliche Hochschule Hannover, 2001

Meyer-Lindenberg A, Fehr M, Nolte I

Co-existence of ununited anconeal process and fragmented medial coronoid process of the ulna in the dog.

Journal of Small Animal Practice. 2006; 47(2): 61-65

Meyer-Lindenberg A, Heinen V, Fehr M, Nolte I

Incomplete ossification of the humeral condyle as the cause of lameness in dogs.

Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology. 2002; 15(3): 187-194

Meyer-Lindenberg A, Iden K, Langhann A, Heinen V

How i manage the painful elbow in the old dog.

Tagungsband ESVOT Congress, München, Deutschland, European Society of Veterinary Orthopaedics and Traumatology 2006: 112–115

Meyer-Lindenberg A, Langhann A, Fehr M, Nolte I

Prevalence of fragmented medial coronoid process of the ulna in lame adult dogs.

The Veterinary record. 2002; 151(8): 230-234

Meyer-Lindenberg A, Langhann A, Fehr M, Nolte I

Arthrotomy versus arthroscopy in the treatment of the fragmented medial coronoid process of the ulna (FCP) in 421 dogs.

Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology. 2003; 16(4): 204-210

Michelsen J

Canine elbow dysplasia: aetiopathogenesis and current treatment recommendations.

The Veterinary Journal. 2013; 196(1): 12-19

Milton JL

Osteochondritis dissecans in the dog.

Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice. 1983; 13(1): 117-134

Moher D, Shamseer L, Clarke M, Ghersi D, Liberati A, Petticrew M, Shekelle P, Stewart LA

Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement.

Systematic Reviews. 2015; 4(1): 1

Moore AP, Benigni L, Lamb CR

Computed tomography versus arthroscopy for detection of canine elbow dysplasia lesions.

Veterinary Surgery. 2008; 37(4): 390-398

Moreau M, Troncy E, Del Castillo J, Bedard C, Gauvin D, Lussier B

Effects of feeding a high omega-3 fatty acids diet in dogs with naturally occurring osteoarthritis.

Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 2012; 97: 830-837

Morgan JP, Wind A, Davidson AP

Bone dysplasias in the Labrador Retriever: A radiographic study.

Journal of the American Animal Hospital Association. 1999; 35(4): 332-340

Morgan JP, Wind A, Davidson AP

Hereditary bone and joint diseases in the dog: Osteochondroses, hip dysplasia, elbow dysplasia. (1. Ausgabe)

Hannover, Schluetersche, 2000: 41-94

Ness MG

Treatment of fragmented coronoid process in young dogs by proximal ulnar osteotomy.

Journal of Small Animal Practice. 1998; 39(1): 15-18

Olsson SE

Pathophysiology, morphology, and clinical signs of osteochondrosis in the dog.

In Bojrab MJ and Monnet E: Mechanisms of disease in small animal surgery (3. Ausgabe), Jackson, WY, Teton NewMedia, 2012: 778-796

Perry KL, Li L

A retrospective study of the short-term complication rate following 750 elective elbow arthroscopies.

Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology. 2014; 27(1): 68-73

Pfeil I, Böttcher P, Starke A

Elbow incongruency measurements with x-ray and correction by plated proximal ulna osteotomy: Clinical experience in 46 dogs.

Tagungsband 15th ESVOT Congress, Bologna, Italien 2010: 449-451

Poole C, Greenland S

Random-effects meta-analyses are not always conservative.

American Journal of Epidemiology. 1999; 150(5): 469-475

Preston T, Wills AP

A single hydrotherapy session increases range of motion and stride length in Labrador Retrievers diagnosed with elbow dysplasia.

Veterinary Journal. 2018; 234: 105-110

Proks P, Necas A, Stehlik L, Srnec R, Griffon DJ

Quantification of humeroulnar incongruity in labrador retrievers with and without medial coronoid disease.

Veterinary Surgery. 2011; 40(8): 981-986

Puccio M, Marino DJ, Stefanacci JD, McKenna B

Clinical evaluation and long-term follow-up of dogs having coronoidectomy for elbow incongruity.

Journal of the American Animal Hospital Association. 2003; 39(5): 473-478

Quinn R, Preston C

Arthroscopic assessment of osteochondrosis of the medial humeral condyle treated with debridement and sliding humeral osteotomy.

Veterinary Surgery. 2014; 43(7): 814-818

R Core Team

R: A Language and Environment for Statistical Computing.

(2024) R: A Language and Environment for Statistical Computing

Abgerufen am 11.03.2024, 2024, von <https://www.R-project.org/>

Read RA, Armstrong SJ, O'Keefe JD, Eger CE

Fragmentation of the medial coronoid process of the ulna in dogs: A study of 109 cases.

Journal of Small Animal Practice. 1990; 31(7): 330-334

Reeves BC, Wells GA, Waddington H

Quasi-experimental study designs series-paper 5: a checklist for classifying studies evaluating the effects on health interventions-a taxonomy without labels.

Journal of Clinical Epidemiology. 2017; 89: 30-42

Ridge PA

A retrospective study of the rate of postoperative septic arthritis following 353 elective arthroscopies.

Journal of Small Animal Practice. 2011; 52(4): 200-202

Riley RD, Higgins JP, Deeks JJ

Interpretation of random effects meta-analyses.

BMJ. 2011; 342: d549

Robin D, Marcellin-Little DJ

Incomplete ossification of the humeral condyle in two Labrador retrievers.

Journal of Small Animal Practice. 2001; 42(05): 231-234

Robins GM

Osteochondritis dissecans in the dog.

Australian Veterinary Journal. 1978; 54(6): 272-279

Rohwedder T, Rebentrost P, Böttcher P

Three-dimensional joint kinematics in a canine elbow joint with medial coronoid disease before and after bi-oblique dynamic proximal ulnar osteotomy.

VCOT Open. 2019; 02: e44-e49

Roush JK, Dodd CE, Fritsch DA, Allen TA, Jewell DE, Schoenherr WD, Richardson DC, Leventhal PS, Hahn KA

Multicenter veterinary practice assessment of the effects of omega-3 fatty acids on osteoarthritis in dogs.

Journal of the American Veterinary Medical Association. 2010; 236(1): 59-66

Sackett DL, Rosenberg WM, Gray JA, Haynes RB, Richardson WS

Evidence based medicine: what it is and what it isn't.

BMJ. 1996; 312(7023): 71-72

Salomon FV, Geyer H, Gille U

Anatomie für die Tiermedizin. (4. Ausgabe)

Stuttgart, Thieme, 2020: 136-137

Samoy Y, Gielen I, van Bree H, Van Ryssen B

Dysplastic elbow diseases in dogs.

Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift. 2011; 80(5): 327-338

Samoy Y, Gielen I, Van Caelenberg A, van Bree H, Duchateau L, Van Ryssen B

Computed tomography findings in 32 joints affected with severe elbow incongruity and fragmented medial coronoid process.

Veterinary Surgery. 2012; 41(4): 486-494

Samoy Y, Van Ryssen B, Gielen I, Walschot N, van Bree H

Review of the literature: elbow incongruity in the dog.

Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology. 2006; 19(1): 1-8

Sargeant JM, O'Connor AM

Scoping reviews, systematic reviews, and meta-analysis: Applications in veterinary medicine.

Frontiers in Veterinary Science. 2020; 7

Scharpf M, Theyse LFH

Assessment of outcome of arthroscopic subtotal coronoidectomy in treating medial coronoid disease and effect of concurrent autologous conditioned plasma in dogs using force plate analysis.

Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology. 2023: 83-89

Schawalder P

Osteochondrosekomplex am Ellbogengelenk.

Tagungsband Proceedings der 21. Jahresversammlung, Biel, Schweizerische Vereinigung für Kleintiermedizin 1990

Schünemann H, Vist G, Higgins J, Santesso N, Deeks J, Glasziou P, Akl E, Guyatt G

Interpreting results and drawing conclusions.

In: Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions version 6.4, 2023

Schwarzer G, Carpenter JR, Rücker G

Meta-analysis with R. (1. Ausgabe)

Basel, Springer International Publishing, 2015: 3-4

Scott H

Non-traumatic causes of lameness in the forelimb of the growing dog.

In Practice. 1998; 20(10): 539-553

Serrani D, Sassaroli S, Gallorini F, Salvaggio A, Tambella AM, Biagioli I, Palumbo Piccionello A

Clinical and radiographic evaluation of short- and long-term outcomes of different treatments adopted for elbow medial compartment disease in dogs.

Veterinary Sciences. 2022; 9(2): 1-19

Shadish WR, Cook TD, Campbell DT

Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference. (2. Ausgabe)

Boston, Massachusetts, Houghton Mifflin, 2002: 103-134

Sharp BJ

Physiotherapy in small animal practice.

In Practice. 2008; 30: 190 - 199

Sharpe D

Of apples and oranges, file drawers and garbage: why validity issues in meta-analysis will not go away.

Clinical Psychology Review. 1997; 17(8): 881-901

Snelling SR, Lavelle RB

Radiographic changes in elbow dysplasia following ulnar osteotomy - a case report and review of the literature.

Australian Veterinary Journal. 2004; 82(5): 278-281

Sobotta J, Paulsen F, Waschke J

Allgemeine Anatomie und Bewegungsapparat.

In: Sobotta, Atlas der Anatomie Band 1, Elsevier, 2017: 197-341

Stang A

Critical evaluation of the Newcastle-Ottawa scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in meta-analyses.

European Journal of Epidemiology. 2010; 25(9): 603-605

Sterne JAC, Savović J, Page MJ, Elbers RG, Blencowe NS, Boutron I, Cates CJ, Cheng HY, Corbett MS, Eldridge SM, Emberson JR, Hernán MA, Hopewell S, Hróbjartsson A, Junqueira DR, Jüni P, Kirkham JJ, Lasserson T, Li T, McAleenan A, Reeves BC, Shepperd S, Shrier I, Stewart LA, Tilling K, White IR, Whiting PF, Higgins JPT

RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials.

BMJ. 2019; 366: 14898

Swenson L, Audell L, Hedhammar A

Prevalence and inheritance of and selection for elbow arthrosis in Bernese mountain dogs and Rottweilers in Sweden and benefit: cost analysis of a screening and control program.

Journal of the American Animal Hospital Association. 1997; 210(2): 215-221

Theyse LFH, Hazewinkel HAW, van den Brom WE

Force plate analyses before and after surgical treatment of unilateral fragmented coronoid process.

Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology. 2000; 13(3): 135-140

Tobias TA, Miyabayashi T, Olmstead ML, Hedrick LA

Surgical removal of fragmented medial coronoid process in the dog - comparative effects of surgical approach and age at time of surgery.

Journal of the American Animal Hospital Association. 1994; 30(4): 360-368

Trostel CT, McLaughlin RM, Pool RR

Canine elbow dysplasia: Incidence, diagnosis, treatment, and prognosis.

Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian. 2003; 25(10): 763-773

Van Ryssen B, de Bakker E, Beaumlin Y, Samoy YCA, Van Vynckt D, Gielen I, Ducatelle R, van Bree H

Primary flexor enthesopathy of the canine elbow: imaging and arthroscopic findings in eight dogs with discrete radiographic changes.

Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology. 2012; 25(3): 239-245

Van Ryssen B, van Bree H

Arthroscopic findings in 100 dogs with elbow lameness.

Veterinary Record. 1997; 140(14): 360-362

van Ryssen B, van Bree H, Missinne S

Successful arthroscopic treatment of shoulder osteochondrosis in the dog.

Journal of Small Animal Practice. 1993; 34(10): 521-528

Van Sickle DC

The postnatal osteogenesis of the anconeal process in the Greyhound and the German Shepherd dog.

PhD Dissertation, West Lafayette, Purdue University, 1966

Vermote KAG, Bergenhuyzen ALR, Gielen I, van Bree H, Duchateau L, Van Ryssen B

Elbow lameness in dogs of six years and older: arthroscopic and imaging findings of medial coronoid disease in 51 dogs.

Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology. 2010; 23(1): 43-50

Vezzoni A

Clinical experience with PAUL and distal ulnar ostectomy in the patient with elbow disease.

Tagungsband 43. ACVS Congress, San Antonio, TX, USA 2013: 293-297

Voorhout G, Hazewinkel HAW

Radiographic evaluation of the canine elbow joint with special reference to the medial humeral condyle and the medial coronoid process.

Veterinary Radiology. 1987; 28(5): 158-165

Voorhout G, Hazewinkel HAW

A radiographic study on the development of the antebrachium in great dane pups on different calcium intakes.

Veterinary Radiology. 1987; 28(5): 152-157

Walde I, Tellhelm B

Fragmented medial coronoid process of the ulna (fcp) and osteochondritis-dissecans (ocd) of the canine elbow-joint and hock-joint - literature-review, diagnosis and therapy.

Wiener Tierärztliche Monatsschrift. 1991; 78(12): 414-424

Werner H, Winkels P, Grevel V, Oechtering G, Böttcher P

Sensitivity and specificity of arthroscopic estimation of positive and negative radio-ulnar incongruence in dogs An in vitro study.

Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology. 2009; 22(6): 437-441

Wind A, Packard M

Elbow Incongruity and Developmental Elbow Diseases in the Dog: Part II.

Journal Of The American Animal Hospital Association. 1986; 22: 725-730

Winhart S

Zur Fraktur des Processus coronoideus medialis ulnae beim Hund.

Dissertation, München, Ludwig-Maximilians-Universität, 1991

World Association of Veterinary Anatomists. International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature

Nomina Anatomica Veterinaria. (6. Ausgabe)

Hannover, Deutschland; Columbia, MO, USA; Ghent, Belgien, Editorial Committee, 2017: 32

Worth A, Bridges J, Jones G

Reduction in the incidence of elbow dysplasia in four breeds of dog as measured by the New Zealand Veterinary Association scoring scheme.

New Zealand Veterinary Journal. 2010; 58: 190-195

VIII. DANKSAGUNG

Dank gebührt meiner Doktormutter Prof. Andrea Meyer-Lindenberg für die Vergabe des Themas dieser Dissertation und ihre wertvollen Korrekturen und Anleitungen während des gesamten Prozesses.

Ebenso möchte ich meinem Coautor Dr. Yury Zablotski für seine wesentliche Beratung bei den statistischen Aspekten meiner Arbeit danken. Seine fachkundige Hilfe war entscheidend für das Gelingen der Datenanalyse in meiner Dissertation.

Zuletzt danke ich meiner Familie und meinen Freunden auf die ich mich immer uneingeschränkt verlassen kann.