

**Vergleich der Langzeitergebnisse nach Therapie des
fragmentierten Processus coronoideus medialis der Ulna
beim Hund**

Arthroskopie versus Arthrotomie

von Christian Hermann Großmann

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

**Vergleich der Langzeitergebnisse nach Therapie des
fragmentierten Processus coronoideus medialis der Ulna
beim Hund**

Arthroskopie versus Arthrotomie

von Christian Hermann Großmann

aus Bietigheim - Bissingen

München 2023

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 der 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: 11. Februar 2023

Meinen Eltern und meiner Frau Anikó

INHALTSVERZEICHNIS

I.	EINLEITUNG	1
II.	LITERATURÜBERSICHT	2
2.1	Anatomie des caninen Ellbogengelenks	2
2.1.1	Knöchernen Strukturen	2
2.1.2	Bandapparat.....	4
2.1.3	Muskulatur	5
2.1.4	Gelenkkapsel	7
2.1.5	Belastungsverhältnisse im Ellbogengelenk.....	7
2.2	Der fragmentierte Processus coronoideus medialis der Ulna (FPC).....	8
2.2.1	Ätiologie und Pathogenese des FCP	9
2.2.2	Vorkommen	11
2.2.3	Diagnosestellung	13
2.2.3.1	Klinische Symptome	13
2.2.3.2	Radiologische Diagnostik	14
2.2.3.3	Arthroskopie.....	18
2.3	Therapeutisches Vorgehen bei fragmentierten Processus coronoideus medialis der Ulna.....	19
2.3.1	Die Versorgung des FCP via Arthrotomie	20
2.3.1.1	Entwicklungsschritte der chirurgischen Behandlung des FCP via Arthrotomie	21
2.3.2	Arthroskopische Versorgung des FCP	21
2.3.3	Behandlungsergebnisse nach Arthrotomie und Arthroskopie.....	23
2.3.3.1	Behandlung mittels Arthrotomie.....	23
2.3.3.2	Arthroskopische Behandlung	26
2.3.3.3	Vergleich der Behandlungsergebnisse nach Arthrotomie bzw. Arthroskopie zur Behandlung des FCP.....	28
2.4	Ganganalyse.....	29
2.4.1	Kinetik.....	29
2.4.2	Kinematik.....	34
III.	PATIENTENGUT, MATERIAL UND METHODEN	39
3.1	Patientengut	41

3.2	Klinische, orthopädische und neurologische Untersuchung	41
3.3	Röntgenologische Untersuchung.....	42
3.4	Chirurgische Versorgung	47
3.5	Postoperative Behandlung.....	48
3.6	Ganganalytische Untersuchung	48
3.6.1	Ganganalyselabor	48
3.6.2	Versuchsaufbau und Datenverarbeitung	50
3.7	Statistik.....	54
IV.	ERGEBNISSE	56
4.1	Patientengut	56
4.2	Ergebnisse der orthopädischen Untersuchung.....	59
4.2.1	Lahmheitsgrad.....	59
4.2.2	Palpatorische Lahmheitsuntersuchung.....	61
4.3	Röntgenologische Befunde.....	67
4.3.1	Präoperativer Röntgenbefund	67
4.3.2	Röntgenbefund zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung	69
4.3.3	Vergleich der prä- und postoperativen Röntgenbefunde	71
4.4	Computerisierte Ganganalyse bei der Kontrolluntersuchung.....	74
4.4.1	Kinetische Datenanalyse	74
4.4.2	Kinematische Datenanalyse	78
4.4.2.1	Schultergelenk	78
4.4.2.2	Ellbogengelenk	80
4.4.2.3	Karpalgelenk.....	83
4.5	Matching Pairs.....	86
V.	DISKUSSION	93
VI.	ZUSAMMENFASSUNG	101
VII.	SUMMARY.....	103
VIII.	LITERATURVERZEICHNIS	105
IX.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	131

X.	TABELLENVERZEICHNIS	133
XI.	ANHANG	136
XII.	DANKSAGUNG	144

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung	Unloading	Rate der Entlastung
bzgl.	bezüglich	VI	Vertikaler Impuls
bzw.	beziehungsweise	w	weiblich
BRK	Bodenreaktionskraft		
FPC	Fragmentierter Processus coronoideus medialis der Ulna		
GBA	Gangbildanalyse		
IEWG	International Elbow Working Group		
KI	Konfidenzintervall		
KU	Kontrolluntersuchung		
Loading	Rate der Belastungsübernahme		
m	männlich		
M.	Musculus		
Max	Maximum		
Min	Minimum		
MW	Mittelwert		
OCD	Ostechondrosis Dissecans		
PA	Processus anconaeus		
PCMU	Processus coronoideus medialis der Ulna		
PVF	Peak Vertical Force		
ROM	Range Of Motion		
SD	Standardabweichung		
Tab.	Tabelle		
TOO	Time Of Occurrence		

I. EINLEITUNG

Eine der häufigsten Ursachen für ein verändertes Gangbild bei großen und schnell wachsenden Hunderassen, wie dem Labrador Retriever, stellt die Ellbogengelenksdysplasie dar (COOPMAN et al., 2008; GRONDALEN, 1979b; KIRBERGER & FOURIE, 1998; LAFOND et al., 2002; OLSSON, 1983). Viele Hunde werden in der tierärztlichen Praxis aufgrund einer Vorderhandlahmheit vorgestellt, wobei die Ursache hierfür in den meisten Fällen eine Erkrankung des Ellbogengelenks ist. Darüber hinaus nehmen bis zu 60 % der operativ therapierten Vorderhandlahmheiten ihren Ursprung im Ellbogengelenk. Eine der häufigsten Erkrankungen stellt der frakturierte Processus coronoideus medialis der Ulna dar. Die Ursache und Pathogenese dieser Erkrankung sind noch nicht abschließend geklärt, ebenso besteht keine Einigkeit bezüglich der Therapie der Wahl. Neben einem konservativen Therapieansatz (BOULAY, 1998; EVANS et al., 2008; READ et al., 1990) besteht die Möglichkeit der operativen Entfernung des fragmentierten Knochensegments über eine Arthrotomie (FITZPATRICK et al., 2009a; GUTBROD & FESTL, 1999; LANGHANN, 1999; MEYER-LINDENBERG et al., 2003a) oder Arthroskopie (MEYER-LINDENBERG et al., 2003a; VAN BREE & VAN RYSSSEN, 1998). Der minimalinvasive Weg der Arthroskopie bietet hierbei einige Vorteile gegenüber der bereits lange etablierten, aber deutlich invasiveren Arthrotomie. Die Ergebnisse klinischer Studien der beiden Techniken im Vergleich wurden bereits veröffentlicht, wobei die Arthroskopie sich der Arthrotomie als überlegen zeigte (MEYER-LINDENBERG et al., 2003a). Eine objektive Beurteilung des Therapieergebnisses über einen Kontrollzeitraum von 6 Monaten hinaus ist in der Literatur jedoch nicht verfügbar. In der Tiermedizin hat sich für eine objektive Beurteilung der Lahmheit eines Hundes die instrumentierte und computerisierte Gangbildanalyse als Mittel der Wahl etabliert (GILLETTE & ANGLE, 2008).

Die Intension dieser Studie war es, nicht nur unter Zuhilfenahme der subjektiven klinischen Untersuchung und der Beurteilung der Röntgenbilder, sondern auch über die Beurteilung der Lahmheit mithilfe der objektiven computerisierten Gangbildanalyse die Langzeitergebnisse der arthrotomischen und arthroskopischen Therapie des FPC zu vergleichen.

II. LITERATURÜBERSICHT

2.1 Anatomie des caninen Ellbogengelenks

Das Ellbogengelenk des Hundes (*Articulatio cubiti*) ist ein zusammengesetztes Gelenk, in welchem der Humerus mit dem *Condylus humeri*, der Radius mit der *Fovea capitis radii* und der *Circumferentia articularis radii* und die Ulna mit der *Incisura trochlearis ulnae* und der *Incisura radialis ulnae* beteiligt sind (EVANS, 1993; LIEBICH et al., 2012; SALOMON et al., 2005). Das Ellbogengelenk gilt als Wechselgelenk und als vollkommenes Scharniergelenk, da die Oberflächenform der Gelenkflächen und die straffen Seitenbänder lediglich eine Extension und Flexion des Gelenks ermöglichen (EVANS, 1993; LIEBICH et al., 2012). Zudem funktioniert das Ellbogengelenk aufgrund der exzentrischen Anbringung der Seitenbänder als Schnappgelenk (LIEBICH et al., 2012). Das Ellbogengelenk lässt sich in folgende Gelenke unterteilen (EVANS & LAHUNTA, 2013a; LIEBICH et al., 2012; VOLLMERHAUS et al., 1994):

- *Articulatio humeroradialis* als Verbindung zwischen dem *Condylus humeri* und der *Fovea capitis radii*,
- *Articulatio humeroulnaris* als Verbindung zwischen dem *Condylus humeri* und der *Incisura trochlearis ulnae*,
- *Articulatio radioulnaris proximalis* als Verbindung zwischen der *Circumferentia articularis radii* und der *Incisura radialis ulnae*.

Das proximale Radioulnargelenk stellt ein Zapfengelenk dar, das aufgrund der Fähigkeit zur Drehbewegung zur Pronation und Supination des Unterarms beiträgt (FREWEIN, 1994; LIEBICH et al., 2012).

2.1.1 Knöcherne Strukturen

Drei unterschiedliche Knochen sind an der Bildung des caninen Ellbogengelenks beteiligt: der distale Anteil des Humerus und die proximalen Anteile von Radius und Ulna (EVANS & LAHUNTA, 2013a; LIEBICH et al., 2012; NICKEL et al., 2003; SALOMON et al., 2005). Die im Folgenden genannten Knochen können in Abbildung 1 nachvollzogen werden.

Der distale Anteil des Humerus wird bestimmt von einem Gelenkknorren, dem *Condylus humeri*. Dieser wird beim Hund aus der größeren, medialen

Gelenkrolle, der Trochlea humeri, und dem lateralen Capitulum humeri gebildet (EVANS & LAHUNTA, 2013b; NICKEL et al., 2003; SALOMON et al., 2005). Kaudal über dem Condylus humeri befindet sich die Fossa olecrani, die bei Streckung des Ellbogengelenks den Processus anconaeus ulnae aufnimmt. Kranial über dem Gelenkknorren liegt die Fossa radialis, das beim Hund in der Regel über das Foramen supratrochleare mit der Fossa olecrani verbunden ist (SALOMON et al., 2005; VOLLMERHAUS et al., 1994). Medial und lateral an der Trochlea humeri befinden sich je eine Bandgrube und ein Bandhöcker, die den Seitenbändern des Ellbogengelenks als Ursprung dienen (SALOMON et al., 2005). Zwei große Fortsätze (Epicondylus medialis und lateralis) befinden sich kaudal an der Trochlea humeri. Der Epicondylus medialis, der Beugeknorren, stellt den Ursprung der Beugemuskeln dar und am Epicondylus lateralis nehmen die Streckmuskeln ihren Ursprung (DYCE et al., 1991; EVANS & LAHUNTA, 2013b; SALOMON et al., 2005; VOLLMERHAUS et al., 1994).

Die proximalen Anteile von Radius und Ulna stellen den distalen Anteil des caninen Ellbogengelenks dar (EVANS & LAHUNTA, 2013a; LIEBICH et al., 2012; SALOMON et al., 2005). Der am proximalen Radius ausgebildete Radiuskopf, Caput radii, artikuliert mit seiner seichten Gelenkfläche, Fovea capitis radii, mit dem Condylus humeri. Dorso-medial am Caput radii befindet sich die Tuberositas radius, die als Ansatz des Musculus biceps brachii dient. Darüber hinaus finden sich am Caput radii zwei Bandhöcker und kaudal liegt eine Gelenkfläche zur Artikulation (Circumferentia articularis radii) mit der Incisura radialis der Ulna. Sie bilden das proximale Radioulnargelenk (KOCH & BERG, 1985; SALOMON et al., 2005; VOLLMERHAUS et al., 1994).

Der proximale Anteil der Ulna wird geprägt durch den vierkantigen Ulnakopf (Olekranon) und dessen Höcker (Tuber olecrani), der mit seinem Muskelhöcker und seinen zwei Muskelleisten als Ansatz des Musculus triceps brachii dient (EVANS & LAHUNTA, 2013b; LIEBICH et al., 2012; SALOMON et al., 2005). Dort entspringt ebenfalls ein schnabelförmiger Fortsatz, der Processus anconaeus, welcher sich bei Streckung in die Fossa olecrani des Humerus einfügt und die proximale Begrenzung der halbkreisförmigen Incisura trochlearis, der Gelenkfläche zur Artikulation mit der Trochlea humeri, darstellt. Diese Gelenkfläche besteht aus einem sagittalen Kamm sowie einem medialen und einem lateralen Teil. Distal wird sie von den beiden Kronfortsätzen, dem

kleineren lateralen Processus coronoideus lateralis ulnae und dem größeren medialen Processus coronoideus medialis ulnae.

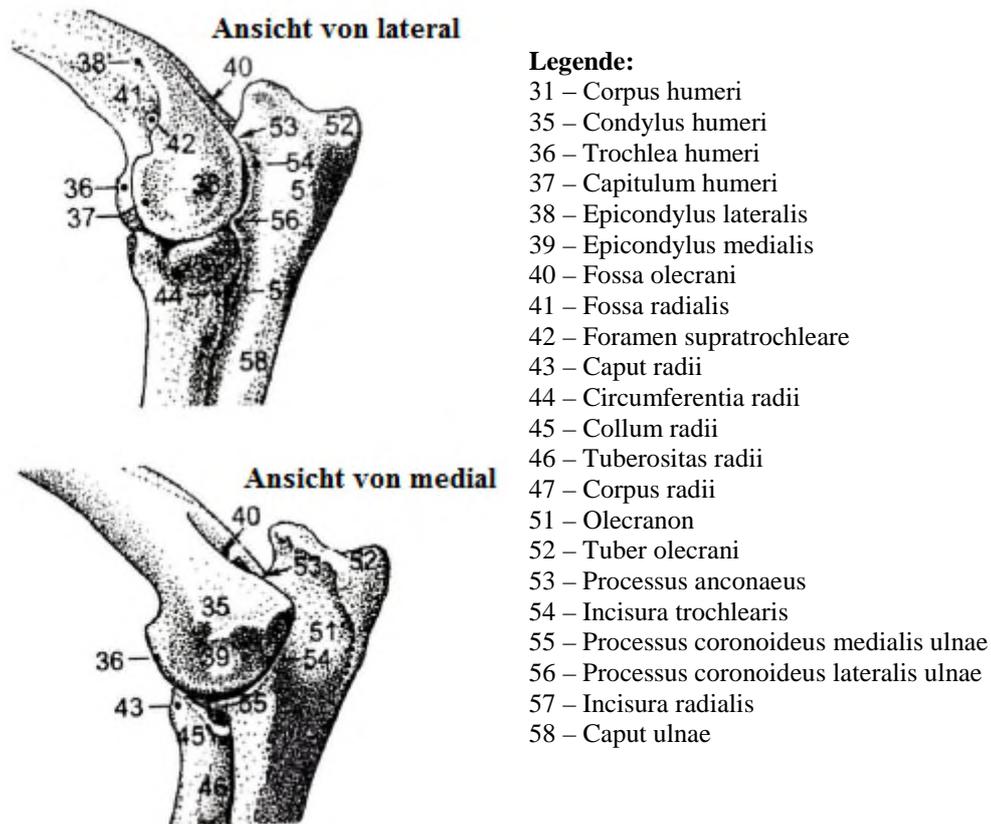


Abbildung 1: Zeichnung des caninen Ellbogengelenks und dessen Knochenpunkte (aus BUDRAS, 2007).

2.1.2 Bandapparat

Am caninen Ellbogengelenk finden sich zwei Seitenbänder (Ligamentum collaterale cubiti laterale und mediale), die beide zweiseitig inserieren (SALOMON et al., 2005; VOLLMERHAUS et al., 1994). Das Ligamentum collaterale cubiti laterale entspringt am lateralen Epicondylus humeri und inseriert mit einem kräftigen Schenkel am lateralen Bandhöcker des Radius und einem schmaleren Schenkel kaudal an der Ulna. Das Ligamentum collaterale cubiti mediale nimmt seinen Ursprung am medialen Epicondylus humeri und inseriert, wie das laterale Seitenband, mit einem Schenkel am Bandhöcker des Radius sowie mit einem zweiten Schenkel an der Ulna. Das laterale Seitenband schützt in erster Linie vor Rotationsinstabilität, das mediale stabilisiert das Gelenk und verhindert eine Valgus-Stellung des Ellbogengelenks (COHEN & BRUNO, 2001;

IMATANI et al., 1999). Die starken Seitenbänder des Ellbogengelenks gemeinsam mit den vorhandenen Führungskämmen und -rinnen verhindern fast vollständig eine Seitwärtsbewegung des Ellbogengelenks. Zudem kommt es aufgrund der exzentrischen Lage der Seitenbänder am Humerus zu der bereits beschriebenen Wirkung eines Schnappgelenks.

Das Lig. olecrani ist ein elastisches, mit der Gelenkkapsel eng verbundenes Band (LIEBICH et al., 2012). Es zieht vom medialen Rand der Fossa olecrani bzw. axial vom Epicondylus medialis humeri an den medialen Anteil des Olekranons sowie an den Proc. anconaeus (SALOMON et al., 2005; VOLLMERHAUS et al., 1994).

Das Lig. anulare radii verbindet ringförmig die Processus coronoidei ulnae und umfasst dabei den Radius und unterkreuzt die medialen und lateralen Seitenbänder (EVANS & LAHUNTA, 2013a; LIEBICH et al., 2012; SALOMON et al., 2005). Es entspringt am Processus coronoideus medialis ulnae, dabei verdeckt vom Ligamentum collaterale cubiti mediale, läuft um das Caput radii und inseriert im Ligamentum collaterale cubiti laterale. An dieser Stelle kann ein Sesambein eingelagert sein, das beim Hund beidseits vorkommen kann (BAUM et al., 1936).

Die Membrana interossea antebrachii bildet die Verbindung zwischen Radius und Ulna und wird durch das auf halber Höhe des Unterarms ihr lateral aufliegende Ligamentum interosseum antebrachii unterstützt (SALOMON et al., 2005).

2.1.3 Muskulatur

Nach ihrer Funktion lassen sich die Muskeln im Bereich des caninen Ellbogengelenks in Strecker und Beuger des Gelenks sowie Supinatoren und Pronatoren des Unterarms unterscheiden (FREWEIN, 1994; LIEBICH et al., 2012). Als Strecker des Ellbogengelenks sind der M. triceps brachii mit seinen vier Anteilen, der M. anconaeus und der M. tensor fasciae antebrachii definiert. Beuger des Ellbogengelenks sind der M. biceps brachii und der M. brachialis. Zu den Supinatoren des Unterarms gehören der M. brachioradialis und der M. supinator, zu den Pronatoren des Unterarms der M. pronator teres und der M. pronator quadratus (LIEBICH et al., 2012). Ihr Verlauf wird in Tabelle 1 für jeden dieser Muskeln aufgeführt.

Tabelle 1: Ursprung und Ansatz der Muskeln des caninen Ellbogengelenks (LIEBICH et al., 2012).

Muskel	Ursprung	Ansatz	Primäre Funktion
M. triceps brachii – Caput longum – Caput laterale – Caput mediale – Caput accessorium	Margo caudalis scapulae Linea musculi tricipitis Medial am Humerus Crista tuberculi minoris	Olecranon	Strecker des Ellbogengelenks
M. anconaeus	Kaudal und distal am Humerus	Olecranon	Strecker des Ellbogengelenks
M. tensor fasciae antebrachii	M. latissimus dorsi	Fascia antebrachii	Strecker des Ellbogengelenks
M. biceps brachii	Tuberculum supraglenoidale scapulae	Tuberositas radii Processus coronoideus medialis ulnae	Beuger des Ellbogengelenks
M. brachialis	Distal vom Caput humeri am kaudal am Collum humeri	Tuberositas radii Processus coronoideus medialis ulnae	Beuger des Ellbogengelenks
M. brachioradialis	Crista supracondylaris lateralis	Processus styloideus radii	Supinator des Unterarms
M. supinator	Epicondylus lateralis humeri	Radius (medial)	Supinator des Unterarms
M. pronator teres	Epicondylus medialis humeri	Radius (kranio-medial)	Pronator des Unterarms
M. pronator quadratus	Ulna	Radius	Pronator des Unterarms

2.1.4 Gelenkkapsel

Die Gelenkkapsel des Ellbogengelenks schließt die *Articulatio humeroulnaris*, die *Articulatio humeroradialis* und die *Articulatio radioulnaris proximalis* ein (LIEBICH et al., 2012; VOLLMERHAUS et al., 1994). Sie hat dabei drei Aussackungen (*Recessus*): die *Recessus craniomedialis* unter dem *M. biceps brachii*, die *Recessus craniolateralis* unter dem *M. extensor digitorum communis* und die *Recessus caudalis* zwischen dem *Epicondylus lateralis humeri* und dem Olekranon. Die Aussackung unter dem *M. extensor digitorum communis* wird durch das *Ligamentum anulare radii* in einen proximalen und einen lateralen Anteil geteilt (KASER, 1998). Auf der Beugeseite des Ellbogengelenks wird die Gelenkkapsel durch das von lateroproximal nach mediodistal ziehende *Ligamentum obliquum* verstärkt (EVANS & LAHUNTA, 2013a; KASER, 1998; LIEBICH et al., 2012).

2.1.5 Belastungsverhältnisse im Ellbogengelenk

Die Kraftübertragung vom Humerus über Radius und Ulna auf das Karpalgelenk ist abhängig vom Alter des Hundes (DELAHUNTA & HABEL, 1986; EVANS & LAHUNTA, 2013b, 2013a). Bei einem Hund ab einem Alter von drei Monaten findet diese vor allem über den Radius statt. Im Verlauf des Wachstums kommt es aufgrund der straffen Verbindung von Ulna und Radius und damit Übertragung der Hebelwirkung der proximalen Ulna auf den Radius zu einer vermehrten Belastung des Radius, einer Verstärkung der Kompakta des Radius und eine Entlastung der distalen Ulna-Hälfte (VOLLMERHAUS et al., 1983). Die Lastübertragung erfolgt vom Humerus zu 75–80 % auf den Radius und zu 20–25 % auf die Ulna, wobei dem PCMU eine besondere Rolle zukommt (BERZON & QUICK, 1980; MILLER et al., 1964). Das canine Ellbogengelenk weist eine physiologische Inkongruenz auf, was zu einer gleichmäßigeren Verteilung des Belastungsdrucks auf den Gelenkknorpel führt (ECKSTEIN et al., 1993; MAIERL, 2003). Dabei findet sich eine Aufdehnung der *Incisura trochlearis* zwischen dem PA und dem PCMU bei Belastung. Im Allgemeinen vergrößert sich zudem die Kontaktfläche im Ellbogengelenk mit zunehmender Belastung, während sich der Gelenkspalt verringert (MAIERL, 2003; PRESTON, 2000). Die Beugung des Ellbogengelenks führt zu einer Vergrößerung der Belastung des PCMU und einer Verringerung der Belastung der radialen Gelenkfläche (BERZON & QUICK, 1980; GORING & BLOOMBERG, 1983).

2.2 Der fragmentierte Processus coronoideus medialis der Ulna (FPC)

Der FPC wird dem Komplex der Ellbogengelenksdysplasie (ED) zugeordnet (HAZEWINKEL, 2015). Die Definition des ED-Komplexes wurde in den Jahrzehnten seit seiner ersten Nennung im Jahr 1961 stetig nach dem Stand der Wissenschaft modifiziert. CARLSON und SEVERIN (1961) und andere Autoren nutzen den Begriff der ED zur Beschreibung des isolierten Processus anconaeus (IPA) und weiterer arthrotischer Veränderungen im Bereich des Ellbogengelenks (CARLSON & SEVERIN, 1961; CORLEY et al., 1968; GRONDALEN, 1979c). Im Jahr 1993 beschrieb die International Elbow Working Group (IEWG): Cubarthrose, verursacht durch einen FPC, einen IPA, eine OCD, durch eine Anomalien des Gelenkknorpels und/oder durch Gelenkinkongruenz als Manifestation der caninen ED. Laut IEWG umfasst die ED heute den FPC, den IPA, die OCD, die Gelenkinkongruenz sowie eine Stufenbildung zwischen Radius und Ulna (HAZEWINKEL, 2018; KAPATKIN et al., 2003; MEYER-LINDENBERG et al., 2002a; MORGAN et al., 2000a; OWENS & BIERY, 1999; SCHAWALDER et al., 2002; SCHWARZ, 2000; TELLHELM, 2005). Diese Erkrankungen verbindet, dass sie sich im caninen Ellbogengelenk manifestieren, bei wachsenden Hunden im Alter von 4–6 Monaten auftreten, mittelgroße bis große Rassen betreffen und zu einer Osteoarthrose führen.

Der FPC findet im Jahr 1974 erstmals Erwähnung als das Auftreten eines locker mit dem PCMU verbundenen Knochenstücks (TIRGARI, 1980). Auch Olsson beschrieb 1974 die Erkrankung des FPC. Beide Autoren berichteten von einem „isolierten“ PCMU und bezogen sich damit auf die Annahme, dass der PCMU ebenso wie der IPA einen eigenständigen Ossifikationskern besitzt und es zu einer fehlerhaften oder ausbleibenden Fusion zwischen dem PCMU und der Ulna kommt (GRONDALEN, 1979c; OLSSON, 1983). Der dem PCMU zugesprochene eigenständige Ossifikationskern wurde ebenfalls von HARE et al. (1961) beschrieben, konnte durch zahlreiche weitere Untersuchungen jedoch nicht bestätigt werden (HARE, 1961). Es zeigte sich, dass eine Verknöcherung von der Basis des PCMU ausgehend bis zur Spitze erfolgt und kein eigenständiger Ossifikationskern besteht (BREIT et al., 2004; OLSSON, 1983). Infolgedessen wurde die Erkrankung in Fragmentierter Processus coronoideus (FPC) umbenannt (BERZON & QUICK, 1980; BREIT et al., 2004; GUTHRIE et al., 1992;

OLSSON, 1976; OLSSON, 1983; POULOS, 2013; SAMOY et al., 2006; SCHAWALDER et al., 2002). Auch wenn der Terminus „fragmentierter Processus coronoideus“ heute die meist verbreitete Benennung dieser Erkrankung ist, so ist auch dieser dem weiteren Zugewinn an wissenschaftlichen Erkenntnissen unterworfen. 2008 wurde von MOORES et al. der Begriff der Medialen-Koronoid-Erkrankung („medial coronoid disease“, MCD) veröffentlicht (FITZPATRICK et al., 2009b; MOORES et al., 2008). Da es ihrer Ansicht nach um eine Erkrankung des PCMU geht, die nicht zwingend mit einer Fraktur desselben einhergeht, sondern es sich auch nur um pathologische Veränderungen des Knorpels bzw. Knochen handeln kann. Diese Benennung soll zudem besser verdeutlichen, dass sowohl der subchondrale Knochen als auch der Gelenkknorpel betroffen ist (MOORES et al., 2008). Weitere Autoren unterstützen diesen Terminus (FITZPATRICK et al., 2009b; HAZEWINKEL, 2015; LAU, 2015). Zusätzlich wurde der Begriff medial compartment disease oder medial compartment syndrom genutzt um eine fortgeschrittene Osteoarthrose in Verbindung mit der MCD einschließlich Veränderungen an der Trochlea humeri zu beschreiben (FITZPATRICK & YEADON, 2009). Dieser Terminus wird aktuell allgemein zur Beschreibung pathologischer Veränderungen im medialen Anteil des Ellbogengelenks genutzt (JOHNSTON & TOBIAS, 2018). Heute wird der FPC als eine Fissur mit teilweiser oder kompletter Trennung des PCMU von der Ulna definiert, wobei von einer primären Schädigung des subchondralen Knochens und einer sekundären Veränderungen des Gelenkknorpels ausgegangen wird (HAZEWINKEL, 2015; LAU et al., 2013c; LAU et al., 2013b; LAU et al., 2013a) und mit oder ohne medial compartment syndrom einher gehen kann (SAMOY et al., 2012b).

2.2.1 Ätiologie und Pathogenese des FCP

Die Ätiologie des FPC, ist bis heute nicht vollständig geklärt (LAU, 2015), wobei verschiedene Theorien existieren. Dabei wird davon ausgegangen, dass es sich um eine Erkrankung auf polygenetischer Basis handelt, deren Manifestation und Ausprägung von verschiedensten Faktoren, wie beispielsweise hormonellen, metabolischen, mechanischen und ernährungsphysiologischen Einflüssen bzw. Umwelteinflüssen abhängig ist (BONATH & PRIEUR, 1998; BOULAY, 1998; FEHR & MEYER-LINDENBERG, 1992; FLÜCKIGER, 2005; GRONDALEN,

1995; KAPATKIN et al., 2003; KIRBERGER & FOURIE, 1998; MEYER-LINDENBERG et al., 2003b; SALG et al., 2006; SCHAWALDER et al., 2002; WIND, 1986; WIND, 1990; WOLSCHRIJN & WEIJS, 2005). Mehrere Autoren differenzieren sich jedoch von einer polygenetischen Basis und halten ein Hauptgen mit polygenem Einfluss für wahrscheinlich (JANUTTA et al., 2005; MÄKI et al., 2002; MAKI et al., 2004). Die Heritabilität der ED wird als mittel bis hoch beschrieben ($h = 0,2-0,77$) (GRONDALEN & LINGAAS, 1991; GUTHRIE & PIDDUCK, 1990; MAKI et al., 2000; STUDDERT et al., 1991), wobei eine Abhängigkeit zum Geschlecht besteht. Männliche Tiere weisen eine höhere Heritabilität auf als weibliche Tiere (GRONDALEN & LINGAAS, 1991; GUTHRIE & PIDDUCK, 1990). Das Risiko an ED zu erkranken, ist bei Nachkommen erkrankter Hunde erhöht (ZWICK, 2010), dennoch können auch die Nachkommen gesunder Eltern erkranken (BARTKE, 2011). Von den beschriebenen für eine Entwicklung einer ED begünstigenden Faktoren werden vor allem eine Überversorgung an Energie, Kalzium und Vitamin D, eine hohe adulte Endgröße/-gewicht bzw. ein schnelles Wachstum als auch hormonelle Faktoren genannt (BOUDRIEAU et al., 1983; DÄMMRICH, 1991; HAZEWINKEL, 2002; HAZEWINKEL et al., 1985; HEDHAMMER et al., 1974; SCHOENMAKERS et al., 2000; WALDE & TELLHELM, 1991). NAP (1995) schließt die Begünstigung skelettaler Erkrankungen durch eine proteinreiche Ernährung aus. Die Störung der Knochenentwicklung aufgrund einer erhöhten Calciumaufnahme resultiert in einer gestörten enchondralen Ossifikation und einer gestörten Knochenremodellierung (OLSSON, 1983). Eine Störung der enchondralen Ossifikation des Gelenkknorpels im Bereich des PCMU könnte zur Entwicklung von Rissen im Gelenkknorpel führen.

Zum einen steht die OCD, als Störung der enchondralen Ossifikation des Gelenkknorpels in Verdacht, die Ursache für die Entwicklung eines FPC zu sein (LAU, 2015; OLSSON, 1981). Diese ist verbunden mit einer Nekrose des Gelenkknorpels aufgrund einer fehlenden Versorgung des Knorpels mit Blutgefäßen. Eine OCD kann dabei als Startpunkt für die Entstehung von Rissen im Gelenkknorpel sein. Diese These wird unterstützt durch die Ergebnisse der histologischen Untersuchung von jungen Hunden mit FPC (LAU et al., 2013c). Darüber hinaus können Inkongruenzen des Ellbogengelenks und ganz allgemein Veränderungen der Belastung bzw. deren Verteilung auf den Gelenkknorpel eine

Ursache für die Entstehung eines FPCs sein (BARDET, 2004; BERZON & QUICK, 1980; BOULAY, 1998; THEYSE et al., 2005). Dabei ist eine Stufenbildung durch ein asynchrones Wachstum von Radius und Ulna (Short-Radius-Syndrom) von einer veränderten Form der Incisura trochlearis (Ellipse statt Kreis) zu unterscheiden (BARTKE, 2011; BOULAY, 1998; KIRBERGER, 2014; WIND, 1986). Die Folge ist eine übermäßige Belastung des PCMU, eine Schädigung tiefer Knorpelschichten bzw. die Bildung einer OCD und letztlich die Fissur oder Fragmentierung des PCMU (BARDET, 2004; BOULAY, 1998; BRUNNBERG et al., 2014; HOLSWORTH, 2004; KIRBERGER, 2014; MEYER-LINDENBERG et al., 2006; MORGAN et al., 2000a; SCHLEICH, 1997; VIEHMANN, 1998; WIND, 1986). Andere Untersuchungen sehen Veränderungen des subchondralen Knochens und den Verlust von Osteozyten bzw. durch permanente Mikrotraumen verursachte Läsionen als Ursprung der Entwicklung eines FPCs, da sie eine höhere subchondrale Knochendichte des PCMU bei gesunden im Vergleich zu erkrankten Tieren und eine abaxial höhere subchondrale Knochendichte des PCMU fanden (BARTKE, 2011; DANIELSON et al., 2006). Dagegen vermuten SMITH et al. (2009), dass eine erhöhte Knochendichte des PCMU und der Incisura semilunaris auch zur Entwicklung eines FPC beitragen (SMITH et al., 2009). Eine subtrochleare Sklerose, wie sie für die radiologische Diagnose des FPC herangezogen wird, wurde ebenfalls als Ursache für eine FPC diskutiert, jedoch konnten LAU et al. (2013c) erste histologische Anzeichen eines FPC bei Hunden nachweisen, ohne dass eine Sklerose vorlag. Sie folgern daraus, dass die Sklerose eine Folge und nicht die Ursache des FPC ist.

Eine spontane Heilung des FPC ist in der Regel nicht möglich, da das Fragment eine bindegewebige Verbindung zum Ligamentum anulare radii und darüber eine Vaskularisierung aufweist (GRONDALEN & GRONDALEN, 1981; JANUTTA et al., 2005; OLSSON, 1983).

2.2.2 Vorkommen

Ein FPC kann solitär oder in Kombination mit weiteren Erkrankungen des ED-Komplexes auftreten (BENNETT et al., 1981; BERZON & QUICK, 1980; GRONDALEN, 1982a; MEYER-LINDENBERG et al., 2002b; WIND, 1986; WIND, 1982). Das Auftreten des FPC zusammen mit einer OCD wird zahlreich beschrieben, jedoch mit sehr unterschiedlichen Angaben über die Häufigkeit in

Bezug zur Gesamtzahl der FPC-erkrankten Hunde (BENNETT et al., 1981; BERZON & QUICK, 1980; BOULAY, 1998; FEHR & MEYER-LINDENBERG, 1992; GRONDALEN, 1982b; MEYER-LINDENBERG, 1991; MEYER-LINDENBERG et al., 2002a; WIND, 1986; WIND, 1982). Es finden sich Angaben, dass in 0,0 % bis 57,1 % der Gelenke mit FCP zusätzlich eine OCD vorhanden ist (BOUDRIEAU et al., 1983; GUTHRIE, 1989; JANTHUR et al., 2000; MEYER-LINDENBERG et al., 2002a; PROBST et al., 1988; STUDDERT et al., 1991). Andere Autoren sprechen von einer „kissing lesion“, das heißt einem erosiven Defekt des Gelenkknorpels aufgrund des FPC, der in einer Häufigkeit von ca. 30 % bis 93 % zusammen mit dem FPC gefunden wurde (BERZON & QUICK, 1980; JANTHUR et al., 2000; KAPATKIN et al., 2003; MEYER-LINDENBERG et al., 2003a; PROBST et al., 1988). Rückblickend kann nicht in allen Veröffentlichungen klar zwischen OCD und „kissing lesion“ differenziert werden (FOX et al., 1983). Auch das gleichzeitige Auftreten eines FPC mit einem IPA wurde beschrieben, wobei auch hier die Häufigkeit des gemeinsamen Auftretens stark zu schwanken scheint (HAZEWINKEL et al., 1985; JANTHUR et al., 2000; MEYER-LINDENBERG et al., 2006; WIND, 1986).

Neben dem einseitigen Auftreten des FPC ist auch eine bilaterale Erkrankung der Ellbogengelenke beschrieben, wobei verschiedene Autoren unterschiedliche Häufigkeiten eines bilateralen Auftretens beschreiben und die Art der Diagnosestellung eine Rolle zu spielen scheint (BENNETT et al., 1981; BIENZ, 1985; FEHR & MEYER-LINDENBERG, 1992; JANTHUR et al., 2000; WIND, 1982; WINHART, 1991). Bei radiologischer Diagnosestellung findet sich eine bilaterale Erkrankung in 33–87 % der untersuchten Hunde. Wird die Diagnose arthroskopisch erhoben, sinkt die Häufigkeit eines bilateralen Auftretens auf 17,6 % bzw. 37,5 % (BOUCK et al., 1995; JANTHUR et al., 2000).

Die Mehrzahl der Autoren beschreibt ein häufigeres Vorkommen des FPC bei männlichen Tieren (GUTHRIE, 1989; GUTHRIE & PIDDUCK, 1990; MEYER-LINDENBERG, 1991; MEYER-LINDENBERG et al., 2003a; OLSSON, 1983; WALDE & TELLHELM, 1991; WINHART, 1991). Seltener wird ein FPC häufiger bei weiblichen Tieren gefunden (BENNETT et al., 1981; DENNY, 1980; MASON et al., 1980). Daneben finden sich Hinweise, dass manche Rassen häufiger betroffen sind als andere, wobei die Rassen Berner Sennenhund, Deutscher Schäferhund, Golden Retriever, Labrador Retriever, Neufundländer

und Rottweiler häufig von einem FPC betroffen sind (FEHR & MEYER-LINDENBERG, 1992; GRONDALEN & LINGAAS, 1991; GUTHRIE, 1989; GUTHRIE & PIDDUCK, 1990; MEYER-LINDENBERG, 1991; OLSSON, 1983; PROBST et al., 1988; SCHAWALDER et al., 2002; WINHART, 1991). Dennoch sind auch viele Mischlinge betroffen und Hunde mittelgroßer und kleiner Hunderassen können ebenfalls erkranken (GRONDALEN & GRONDALEN, 1981; JANTHUR et al., 2000; MEYER-LINDENBERG et al., 2003a; WINHART, 1991).

2.2.3 Diagnosestellung

2.2.3.1 Klinische Symptome

In der Regel stellt eine ein- oder beidseitige, z. T. intermittierende Vorderhandlahmheit das erste für den Besitzer erkennbare klinische Symptom eines FPC dar (FEHR & MEYER-LINDENBERG, 1992; OLSSON, 1983; WALDE & TELLHELM, 1991). Der Schweregrad der Lahmheit kann dabei stark variieren. Zudem liegt bei einer beidseitigen Erkrankung die sichtbare Lahmheit auf der schmerzhafteren Gliedmaße vor und kann bei Veränderung der Schmerzhaftigkeit zwischen den Vorderbeinen wechseln (SCHLEICH, 1997; SCHWARZ, 2000; WALDE & TELLHELM, 1991). Eine Lahmheit kann besonders nach dem Aufstehen, nach längerem Liegen stärker sein oder mit zunehmender Belastungs-/Bewegungsdauer des Hundes an Schwere zunehmen (BERZON & QUICK, 1980; BOUDRIEAU et al., 1983; BRUNNBERG & WAIBL, 1986; DENNY, 1980; READ et al., 1990; SCHAWALDER et al., 2002; SCHLEICH, 1997; SCHWARZ, 2000). Neben einer Lahmheit kann ein steifes Gangbild mit verkürzter Schrittlänge und eine veränderte Gliedmaßenstellung beobachtet werden (BENNETT et al., 1981; BERZON & QUICK, 1980; BOUDRIEAU et al., 1983; FEHR & MEYER-LINDENBERG, 1992; FOX et al., 1983; PROBST et al., 1988; READ et al., 1990; SCHWARZ, 2000; WIND, 1982). Dabei werden die Abweichungen der Gliedmaßenstellung beschrieben als Adduktion des Ellbogengelenks bei gleichzeitiger Supination der Gliedmaße distal des Ellbogengelenks. Jedoch kann auch eine Abduktion der erkrankten Gliedmaße mit gleichzeitiger Supination auftreten (SCHWARZ, 2000).

Eine palpatorische Untersuchung des betroffenen Ellbogengelenks zeigt eine Schmerzhaftigkeit bei Streckung und Beugung des Gelenks, welche sich in der Coronoidprobe, das heißt bei Druckausübung im Bereich des PCMU während der Beugung des Ellbogengelenks mit Exorotation der gebeugten Pfote, noch deutlich verstärken lässt (BERZON & QUICK, 1980; DENNY & GIBBS, 1980; JANUTTA et al., 2005; MORGAN et al., 2000a; OLSSON, 1975; SCHWARZ, 2000). Im Verlauf der Erkrankung kommt es zur Bildung einer Arthrose, welche wiederum zu einer Bewegungseinschränkung und Umfangsvermehrung bzw. Krepitation des Ellbogengelenks führen kann (BOUDRIEAU et al., 1983; FOX et al., 1983; HAZEWINKEL, 2015; OLSSON, 1983; SCHLEICH, 1997; SCHWARZ, 2000).

Die klinischen Symptome bei einer ED können ab einem Alter von vier bis sieben Monaten beobachtet werden, wobei die meisten Tiere die ersten Lahmheitssymptome aufgrund eines FPC zwischen dem fünften und zwölften Lebensmonat zeigen (BIENZ, 1985; BOUDRIEAU et al., 1983; DENNY & GIBBS, 1980; FEHR & MEYER-LINDENBERG, 1992; LEWIS et al., 1989; MEYER-LINDENBERG et al., 2003b; MORGAN et al., 2000a; OLSSON, 1983; OWENS & BIERY, 1999; WIND, 1982). Viele Hunde entwickeln auch erst nach dem ersten Lebensjahr eine deutliche klinische Symptomatik, hervorgerufen durch einen FPC (GRONDALEN & GRONDALEN, 1981; IDEN, 2007; MEYER-LINDENBERG et al., 2002a; PROBST et al., 1988; VAN BRUGGEN et al., 2010).

2.2.3.2 Radiologische Diagnostik

Die klinische-orthopädische Untersuchung liefert erste Hinweise auf das Vorliegen eines FPC, die durch das Anfertigen von Röntgenbildern erhärtet werden (BRUNNBERG et al., 2014; GRONDALEN & LINGAAS, 1991; SCHLEICH, 1997). Aufgrund der dreidimensionalen Struktur des Ellbogengelenks müssen mindestens Aufnahmen in zwei, möglichst senkrecht zueinander stehenden Ebenen angefertigt werden (FEHR & MEYER-LINDENBERG, 1992; HENG, 2015; WEBBON & JONES, 1976). Als Standardaufnahmen zur Beurteilung des Vorliegens eines FPC werden heute die gestreckte mediolaterale und die kraniokaudale Aufnahme in 15° Pronation

betrachtet (BOROFFKA & KIRBERGER, 2015; MORGAN et al., 2000a; PROBST et al., 1988) (siehe Abbildung 2 und Abbildung 3).

Die mediolaterale Aufnahme ermöglicht eine Beurteilung der Gelenkkongruenz zwischen Radius und Ulna, des medialen Condylus humeri und des PCMU. Die kraniokaudale Projektion liefert Aussagen über das Vorliegen eines FPC, einer OCD am medialen Condylus humeri und einer Gelenkkongruenz (KIRBERGER, 2014). Weitere radiologische Projektionen können zusätzliche Informationen bzgl. des PCMU und zusätzlich vorliegender Erkrankungen des ED-Komplexes liefern (BOROFFKA & KIRBERGER, 2015; HENG, 2015; KIRBERGER, 2014). Kraniomedial-kaudolaterale Schrägaufnahmen können bei der Beurteilung des medialen Gelenkanteils und damit des PCMU helfen (HAZEWINKEL, 2015). Die distomedial-proximolaterale Schrägaufnahme kann zusätzliche Informationen zum PCMU erbringen. Die IEWG empfiehlt im Rahmen der Beurteilung eines Ellbogengelenks bei Verdacht auf einen FPC oder einer OCD die mediolaterale und die kraniokaudale, 15° nach lateral rotierte Projektion und zum ED-Screening eine mediolateral 45° gebeugte Aufnahme (KIRBERGER, 2014). Hinweisend auf das Vorliegen eines FPC sind eine Sklerose kaudal des PCMU, eine unscharfe proximale Begrenzung des PCMU und eine Cubarthrose (HAZEWINKEL, 2015; SAMOY et al., 2012a). Aufgrund der geringen Sensitivität radiologischer Befunde für die Detektion eines FPC, führt das Vorliegen einer sekundären Cubarthrose ohne erkennbare primäre Ursache wie einen IPA oder einer OCD zur Verdachtsdiagnose eines FPC (HENG, 2015). Eine Arthrose tritt sekundär auf und kann ab einem Alter des Hundes von etwa sieben bis neun Monaten diagnostiziert werden. Darüber hinaus treten allen Erkrankungen des ED-Komplexes häufig bilateral auf, sodass eine radiologische Untersuchung beider Ellbogengelenke eines Hundes sinnvoll ist (DRAFFAN et al., 2009; FEHR & MEYER-LINDENBERG, 1992; HAZEWINKEL, 2015; IDEN, 2007; MORANDI et al., 2008; MORGAN et al., 2000a; PROBST et al., 1988).

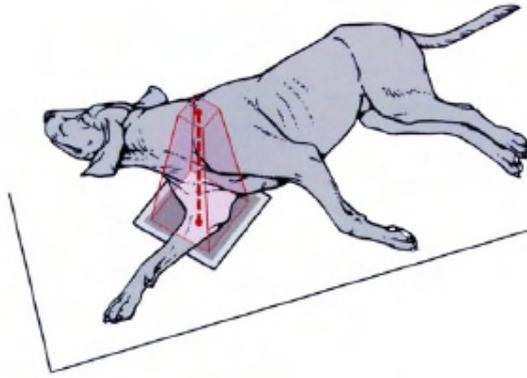


Abbildung 2: Positionierung eines Hundes zur Anfertigung eines Röntgenbilds im mediolateralen Strahlengang (WAIBL & BRUNNBERG, 2012).

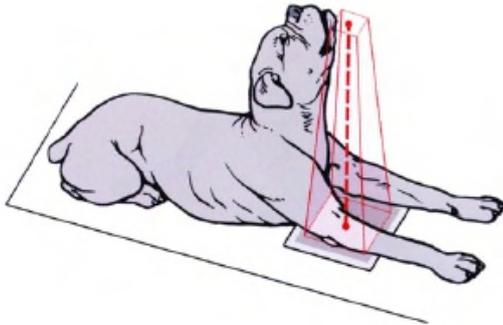


Abbildung 3: Positionierung eines Hundes zur Anfertigung eines Röntgenbilds im kraniokaudalen Strahlengang (WAIBL & BRUNNBERG, 2012).

Weitere bildgebende Verfahren können den Nachteil der Überlagerung verschiedener Strukturen des Ellbogengelenks auf dem Röntgenbild verbessern. (LAU & VOORHOUT, 2015; REICHLÉ et al., 2000). Mithilfe der Computertomographie können die Strukturen des Ellbogengelenks überlagerungsfrei in verschiedenen Schnittebenen dargestellt werden, wodurch sie wichtige zusätzliche Informationen zu Röntgenbildern erbringen können (COOK & COOK, 2009; KAPATKIN et al., 2003; REICHLÉ & SNAPS, 1999; TROMBLEE et al., 2007; VOORHOUT & HAZEWINKEL, 1987). Sie weist zudem mit 30,8 % eine deutlich höhere Sensitivität für die Detektion eines FPC im Frühstadium, im Vergleich zu Röntgenbildern (0 %), auf (LAU et al., 2015a; LAU et al., 2013b). CARPENTER et al. (1993) sprechen von einer Genauigkeit von 86,7 % für die Diagnose des FPC. Dabei lässt sich im Falle des FPC ein

disloziertes Fragment stets darstellen (CARPENTER et al., 1993; MEYER-LINDENBERG et al., 2003b), nicht dislozierte Fragmente können nicht immer (VAN BREE & VAN RYSSSEN, 1995; VAN RYSSSEN & VAN BREE, 1997) und Fissuren nur in manchen Fällen dargestellt werden (REICHLE et al., 2000). Bewährt hat sich dabei die Lagerung des Ellbogengelenks in einem Winkel von ca. 135° (LAU et al., 2015a; LAU et al., 2013b). Jedoch können je nach Fragestellung auch andere Lagerungen, wie beispielsweise durch Supination oder Pronation der Gliedmaße, für eine Diagnosestellung in der CT hilfreich sein (HOLSWORTH et al., 2005; MURPHY et al., 1998; WAGNER et al., 2007). Jedoch weist die CT auch Limitationen auf (LAU et al., 2015b). So kann eine physiologische bzw. pathologische Inkongruenz des Ellbogengelenks nur schwierig dargestellt werden, da die Aufnahmen bei entlasteter Gliedmaße angefertigt werden. Zudem ist eine Beurteilung des Gelenkknorpels nicht möglich (COOK & COOK, 2009).

Die Magnetresonanztomographie hingegen spielt als Standarddiagnostikum des FPC keine größere Rolle, obwohl sie eine ähnliche diagnostische Genauigkeit in der Darstellung des FPC aufweist wie die CT (BARTKE, 2011; COOK & COOK, 2009). Zusätzliche Informationen der MRT im Rahmen der ED beziehen sich auf das Vorliegen von Weichteil- und Knochenmarksveränderungen und können so im individuellen Fall und bei unklarem CT-Befund weiterhelfen (BARTKE, 2011). Zur Darstellbarkeit von Knorpelschäden an der Gelenkfläche des Ellbogengelenks bestehen abhängig von den technischen Daten des verwendeten Magnetresonanztomographen unterschiedliche Aussagen. Während BARTKE (2011) Gelenk den Gelenkknorpel des caninen Ellbogengelenks darstellen und die im Gelenk gegenüberliegenden Knorpelschichten großteils getrennt darstellen konnte, gelang dies anderen Autoren aufgrund der geringen Dicke des Gelenkknorpels im caninen Ellbogengelenk und des verwendeten „schlechteren“ Magnetresonanztomographen nicht (REICHLE & SNAPS, 1999).

In Fällen mit unklarem radiologischem Befund kann auch eine Szintigraphie bei der Suche nach der Ursache der Lahmheit helfen. Sie ist in der Regel zwar sehr sensitiv auf das Vorliegen einer Lahmheitsursache, jedoch wenig spezifisch bzgl. der pathologisch veränderten anatomischen Struktur, wodurch eine weiterführende Diagnostik beispielsweise mittels CT in der Regel unumgänglich ist (GIELEN & VAN BREE, 2014; VAN BRUGGEN et al., 2010). Auch die

Sonographie spielt eine untergeordnete Rolle in der Diagnostik des FPC, da nur große Fragmente des PCMU dargestellt werden können (GIELEN & VAN BREE, 2014; SAMOY et al., 2006; SEYREK-INTAS et al., 2009) . Jedoch kann sie hilfreich sein bei der Differenzierung zwischen FPC und einer Tendinopathie bzw. der Beurteilung der Weichteile und oberflächlichen knöchernen Anteile.

2.2.3.3 Arthroskopie

Die Arthroskopie des Ellbogengelenks erlaubt eine Beurteilung der intraartikulären Strukturen durch direkte Betrachtung von Gelenkknorpel, -kapsel und -bändern und damit die Diagnose weiterer, die genannten Strukturen betreffende Erkrankungen (GIELEN & VAN BREE, 2014). Sie scheint der CT in der Diagnostik des FPC ebenbürtig oder sogar überlegen zu sein, jedoch können Strukturen außerhalb des Gelenks nicht beurteilt werden (MOORES et al., 2008). Manche Autoren sehen in der Arthroskopie den Goldstandard in der FPC-Diagnostik, zumal zeitgleich eine Therapie stattfinden kann (FITZPATRICK et al., 2009b; MARIEE et al., 2014). Eine arthroskopische Untersuchung des Ellbogengelenks kann nach JANTHUR et al. (2000) bei jungen Hunden großer Rassen trotz fehlender pathologischer Veränderungen der Röntgenbilder zur Klärung beitragen, da in frühen Stadien der Erkrankung sekundäre Veränderungen (Arthrosen), in etwa 5 % der Fälle noch nicht vorliegen, jedoch arthroskopisch ein FPC diagnostiziert werden kann (JANTHUR et al., 2000).

Im Vergleich zur Arthroskopie wird die Arthrotomie zur Diagnostik heute nur noch selten eingesetzt. Da sie aufgrund ihres invasiven Vorgehens und der fehlenden Vergrößerung der Arthroskopie für die Beurteilung der Gelenkstrukturen deutlich unterlegen ist (VAN RYSSSEN et al., 1993).

2.3 Therapeutisches Vorgehen bei fragmentierten Processus coronoideus medialis der Ulna

Die Behandlungsstrategien des FPC gliedern sich in zwei Hauptgruppen, die konservative Therapie sowie die operative Versorgung des Ellbogengelenks mittels Arthrotomie oder Arthroskopie (GRONDALEN, 1979a; MEYER-LINDENBERG et al., 2002a). Dabei scheint der Grad und die Dauer der Lahmheit, das Alter des Hundes sowie eventuell vorliegende weitere Erkrankungen des ED-Komplexes einen Einfluss auf die Prognose zu nehmen (MICHELSEN, 2013; READ et al., 1990). Betrachtet man die Veröffentlichungen zur Therapie des FPC unter den Kriterien der Evidenz basierten Medizin, so muss man feststellen, dass nur wenig belastbare Literatur zu den Therapieergebnissen nach FPC existiert, da die meisten Studien unter der starken Heterogenität der Patienten, einer geringen Fallzahl, ihrem retrospektivem Charakter bzw. einer fehlenden Blindung der Untersucher leiden (JOHNSTON & TOBIAS, 2018; MICHELSEN, 2013). Unter diesem Aspekt ist die vergleichende Interpretation der veröffentlichten Ergebnisse schwierig.

Eine konservative Therapie stellt meist eine Kombination aus medikamentöser Therapie mittels NSAID, Ruhighaltung, Kontrolle und Regulation des Körpergewichts und physiotherapeutischer Maßnahmen dar (BOULAY, 1998; EVANS et al., 2008; READ et al., 1990). Kontrovers diskutiert wird dabei der therapeutische Nutzen von Futtermittelergänzungen wie Chondroprotektiva (JOHNSTON & TOBIAS, 2018).

Die meisten Autoren raten jedoch zu einer umgehenden chirurgischen Versorgung, da das Vorhandensein von sekundären Arthrosen das klinische Resultat verschlechtern können (BENNETT et al., 1981; GRONDALEN, 1979c; HAZEWINKEL et al., 1998; OLSSON, 1983; PRESNELL, 1998; THEYSE et al., 2000). Dem widerspricht eine neuere Studie, welche die konservative Therapie und die arthroskopische Versorgung unter Zuhilfenahme der computerisierten Ganganalyse untersuchte und keinen ausschlaggebendem Unterschied feststellen konnte (BURTON et al., 2011).

In einem der ersten Artikel, die sich mit dem FPC befassen, äußert GROENDALEN (1979c) die Vermutung, dass ein bereits ausgewachsener Patient oder ein bereits mit starken Arthrose betroffenes Ellbogengelenk, eine schlechte

Prognose auch nach chirurgischer Versorgung hat. Dem widersprechen READ et al.(1990) in einer Studie mit über 100 Patienten. Es konnte gezeigt werden, dass vor allem Patienten mit chronischen Veränderungen von einer chirurgischen Versorgung profitieren.

Aktuell wird zu einer vermehrten Selektion der Patienten geraten. Dabei haben FITZPATRICK & YEADON (2009) ein Schema entwickelt. Hierbei werden die Patienten entsprechend ihres Erkrankungsbilds in Gruppen eingeteilt. Das Schema geht dabei von einem konservativen Behandlungsversuch über die arthroskopische Entfernung des FPC bis hin zu einer Umstellungsosteotomie, die eine Entlastung des medialen Anteils des Ellbogengelenks erreichen soll oder die Implantation eines Gelenkersatz. (FITZPATRICK & YEADON, 2009; MICHELSEN, 2013)

2.3.1 Die Versorgung des FCP via Arthrotomie

Die Arthrotomische Versorgung des FPC war von Beginn an eine therapeutische Möglichkeit zur Behandlung der FPC. Dabei wurde die Operation im Laufe der Zeit stetig weiter entwickelt und neue Möglichkeiten beschrieben.

Die Ziele der Entwicklung waren zum einen, einen besserer Zugang zum Proc. coronoideus zu schaffen und damit die Entfernung der Proc. coronoideus zu erleichtern, zum anderen konnte festgestellt werden, dass eine Technik bei der nur Muskulatur separiert wird zu einer schnelleren Rekonvaleszenz führt. Das Risiko für größere Komplikationen wie bei der Osteotomie des med. Condylus humeri kann somit umgangen werden.

2.3.1.1 Entwicklungsschritte der chirurgischen Behandlung des FCP via Arthrotomie

- 1974 mediale Arthrotomie; M. pronator teres, M. flexor carpi radialis und das med. Kollateralband wurden durchtrennt (OLSSON, 1975)
- 1975 Osteotomie des Olecranon (BERZON & QUICK, 1980)
- 1982 Operationszugang mit Muskelseparation und Tenotomie des M. pronator teres (GORING & BLOOMBERG, 1983)
- 1984 Osteotomie der med. Humerus Condyle (HENRY, 1984)
- 1989 Operationszugang zwischen den M. pronator teres und M. flexor carpi radialis (PROBST et al., 1989)
- 2002 caudomedialer Zugang zur Entfernung eines IPA sowie Inspektion des Proc. Coronoideus med. (MEYER-LINDENBERG et al., 2002b)
- 2009 Entfernung eines Großteils des Proc. coronoideus (FITZPATRICK et al., 2009a)

2.3.2 Arthroskopische Versorgung des FCP

Die Entwicklung der Arthroskopie, insbesondere für die Anwendung im Ellbogengelenk des Hundes begann erst durch die Miniaturisierung von Arthroskopen. Die Arthroskopie, wie 1993 von van RYSSSEN beschrieben, ermöglichte es mit einem minimalinvasiven Zugang zum Ellbogengelenk, die intraartikulären Strukturen zu untersuchen. Zu Beginn war die Arthroskopie ein diagnostisches Hilfsmittel, mit dem die Binnenstrukturen des Ellbogengelenks beurteilt werden konnten (VAN RYSSSEN et al., 1993). Die Arthroskopie bietet in diesem Feld viele Vorteile. Auf Grund der mehrfachen Vergrößerungen der betrachteten Strukturen ist die visuelle Beurteilung der Arthrotomie überlegen

(MEYER-LINDENBERG et al., 2003b; VAN BREE & VAN RYSSSEN, 1995). Die Patienten zeigen eine deutlich verkürzte Rekonvaleszenz aufgrund des minimalinvasiven Zugangs zum Ellbogengelenk und des geringeren Weichteiltrauma. (JANTHUR et al., 2000)

Für die Arthroskopie des Ellbogengelenks wird der Patient in Seitenlage gelagert, wobei die erkrankte Gliedmaße unten liegt. Vor der eigentlichen Einbringung des Arthroskops wird die Gelenkkapsel mit Ringer-Laktatlösung aufgedehnt (REAGAN et al., 1983) Hierfür wird eine Punktionsstelle zwischen dem Condylus humeri und dem proximalsten Punkt des Olekranons gewählt. Die für die Einbringung der Flüssigkeit genutzte Kanüle wird an diesem Punkt belassen und dient im Verlauf der Arthroskopie als Austrittsöffnung für die über die Trokarhülle eingebrachte Flüssigkeit (BEALE et al., 2003).

Der Zugang für das Arthroskop wird 1-2 cm caudodistal des Epicondylus humeri lokalisiert. Zuerst erfolgt das Anlegen eines Stichkanals mit einer spitzen Skalpellklinge. In einem zweiten Schritt wird eine Trokarhülle mit Spülanschluß mit Hilfe eines stumpfen Tokars in das Gelenk eingeführt. Nach Entfernung des Trokars kann das Arthroskop in die Trokarhülle eingesetzt werden (VAN RYSSSEN et al., 1993).

Für die arthroskopische Chirurgie wird ein zweiter Zugang zum Ellbogengelenk benötigt. Das Anlegen dieses Arbeitskanals, der für das Einbringen chirurgischer Instrumente in das Ellbogengelenk notwendig ist, erfolgt ca. 1-1,5cm cranial des Arthroskops. Hierbei wird unter Zuhilfenahme einer Kanüle unter Sichtkontrolle eine Triangulation vorgenommen und nach Positionierung erfolgt der Zugang über eine Stichinzision bis in die Gelenkkapsel (BARDET, 1997; MEYER-LINDENBERG et al., 1997; VAN BREE & VAN RYSSSEN, 1998).

Für die Entfernung des FPC werden unter arthroskopischer Sichtkontrolle unterschiedliche Instrumente eingesetzt. Zum einen Tast- und Palpationsinstrumente, die für die reine Diagnostik des Gelenks erforderlich sind, zum anderen werden Instrumente eingesetzt, die eine Manipulation im Gelenk erlauben. Freie Fragmente können mit einer Faszange entfernt und noch in Position befindliche Fragmente werden mit einem Stab oder scharfem Löffel disloziert und anschließend entfernt (BARDET, 1997; MEYER-LINDENBERG et al., 1997).

Der subchondrale Knochen wird bei Bedarf mit einem motorbetriebenen Shaver oder einer manuellen Kürette aufgefrischt (MEYER-LINDENBERG et al., 1997; VAN BREE & VAN RYSSSEN, 1998).

Nach Entfernung aller großen Fragmente sowie ggf. Behebung weiterer Gelenkpathologien wird das Gelenk mehrfach gespült und anschließend werden die Operationszugänge mit einer Naht verschlossen.

2.3.3 Behandlungsergebnisse nach Arthrotomie und Arthroskopie

Es sind bereits eine Vielzahl von Studien erschienen, die sich mit der chirurgischen Behandlung und Entfernung des FPC befassen. Die Ergebnisse dieser Studien leiden unter ihrer großen Heterogenität im Studienaufbau sowie der fehlenden Vergleichbarkeit (MICHELSEN, 2013). Einzelne Studien befassen sich mit einer nur sehr kleinen Patientenzahl (BERZON & QUICK, 1980; DENNY & GIBBS, 1980) oder es werden Operationstechniken genutzt, die ein deutlich größeres Trauma aufweisen (HENRY, 1984; READ et al., 1990). Um die Vielzahl der Studien vergleichen zu können werden hier nur Studien aufgeführt, bei denen eine vergleichbare Operationstechnik, Muskelseparationstechnik wie von PROBST et al (1989) beschrieben, verwendet wurde. Ebenfalls sollten die Studien über eine gewisse Patientenzahl verfügen und somit wurde wie auch bei anderen Autoren ein Minimum von 100 Patienten festgelegt (IDEN, 2007).

2.3.3.1 Behandlung mittels Arthrotomie

Bei der Untersuchung von Studien mit mehr als 100 Patienten kommen die Studien von GUTBROD & FESTL (1999), LANGHANN (1999), MEYER-LINDENBERG et al.(2003b) und FITZPATRICK et al.(2009a) in Betracht.

Tabelle 2: Entwicklung des Lahmheitsgrad nach operativer Versorgung mittels Arthrotomie.

Studie	Patienten- anzahl	Lahmheitsfrei	Lahmheit nach vermehrter Belastung	ständige Lahmheit
GUTBROD und FESTL (1999)	133	60,2 % (80/133)	27,1 % (36/133)	9 % (12/133)
LANGHANN (1999)	111	30,6 % (34/111)	32,4 % (36/111)	36,9% (41/111)
MEYER-LINDENBERG et al. (2003b)	191	42,4% (81/191)	29,3% (56/191)	28,3% (54/191)
FITZPATRICK et al. (2009a)	110	62,7 % (69/110)	27,3 % (30/110)	10 % (11/110)

Tabelle 3: Entwicklung der Arthrose nach operativer Versorgung mittels Arthrotomie.

Studie	Patienten - anzahl	Patienten mit Progression der Arthrose	Arthrose- progression um einen Grad	Arthrose- progression um zwei Grade	Arthrose- progression um drei Grade
GUTBROD und FESTL (1999)	40	27,5% (11/40)	12,5% (5/40)	15% (6/40)	0,0% (0/40)
LANGHANN (1999)	53	69,8 % (37/53)	37,7 % (20/53)	22,7 % (12/53)	9,4% (5/53)
MEYER-LINDENBERG et al. (2003b)	103	71,8 % (74/103)	45,6 % (47/103)	20,4 % (21/103)	5,8% (6/103)
FITZPATRICK et al. (2009a)	180	Bei allen Patienten verschlechterte sich der prae operative erfasste Arthrosegrad um durchschnittlich einen Grad.			

In der Untersuchung von GUTBROD und FESTL (1999) mit 133 Patienten waren 60,2 % (80/133) voll belastbar, 27,1 % (36/133) zeigten bei normaler Belastung keine Lahmheit, 9 % (12/133) waren unverändert und zeigten keine Veränderung der prae operativ Lahmheit. Bei 3,7 % (5/133) verschlechterte sich post operativ die Lahmheit. Die Zeitdauer bis zur vollständigen Belastbarkeit der operierten Gliedmaße wird bei 51,3 % (41/80) der Fälle mit zwei Monaten

angegeben und weitere 28,8 % (23/80) benötigten einen weiteren Monat bis zum Erreichen der vollen Belastbarkeit.

In der Dissertation von LANGHANN (1999) kontrollierte die Autorin 111 Patienten. Hier zeigten sich 30,6% (34/111) der Patienten lahmheitsfrei, 32,4 % (36/111) zeigten eine zeitweise Lahmheit nach starker Belastung oder nach Ruhe an. 36,9% (41/111) zeigten eine ständige Lahmheit. Die Zeit nach der Operation bis eine vollständige Belastung der operierten Gliedmaße erreicht wurde differierte zwischen sofortiger Belastung bei sieben Patienten und 52 Wochen bei einem Patienten. Für eine radiologischen Überprüfung standen 53 Patienten zur Verfügung. Bei 69,8% (37/53) wurde ein Fortschreiten der Arthrosen festgestellt. Bei 37,7 % (20/53) um einen Grad, bei 22,7 % (12/53) um zwei Grade und bei 9,4 % (5/53) um drei Grade.

Die in der Studie von MEYER-LINDENBERG et al. (2003a), mit 191 untersuchten Ellbogengelenken, durchgeführten Kontrolluntersuchungen fanden durchschnittlich nach 23 Monaten post operationem statt. Hier waren 42,4 % (81/191) der Patienten lahmheitsfrei. Bei 29,3 % (56/191) konnte eine zeitweise Lahmheit nach starker Belastung oder nach Ruhe nachgewiesen werden. Die restlichen 28,3% (54/191) wiesen eine ständige Lahmheit auf. Die Rekonvaleszenzzeit, bis zur vollständigen Belastung der operierten Gliedmaße, wird mit durchschnittlich acht Wochen angegeben. Zur radiologischen Überprüfung standen 103 der 191 nachuntersuchten Patienten zur Verfügung. Bei 71,8 % (74/103) wurde ein Fortschreiten der Arthrosen festgestellt. Bei 45,6% (47/103) um einen Grad, bei 20,4 % (21/103) um zwei Grade und bei 5,8 % der Fälle um drei Grade.

In der Untersuchung von FITZPATRICK et al. (2009a) wurden insgesamt 437 Ellbogengelenke untersucht, von diesen wurden 110 kontrolliert. Hierbei zeigten 62,7 % (69/110) keinerlei Lahmheit. 27,3 % (30/110) wiesen eine intermittierende Lahmheit mit minimalen Gangbildveränderungen auf. Die restlichen 10% (11/110) wiesen eine ständige geringgradige Lahmheit auf. Bei allen Patienten verschlechterte sich der prae operative erfasste Arthrosegrad um durchschnittlich einen Grad.

2.3.3.2 Arthroskopische Behandlung

Nach arthroskopischer Entfernung des FPC zeigte sich ebenfalls ein heterogenes Bild. Hierbei differieren die Therapieergebnisse zwischen 52 - 81% für Patienten, die post operationem als lahmheitsfrei beurteilt wurden (LANGHANN, 1999; MEYER-LINDENBERG et al., 1997; MEYER-LINDENBERG et al., 2003a; VAN BREE & VAN RYSSSEN, 1998).

Tabelle 4: Entwicklung des Lahmheitsgrad nach operativer Versorgung mittels Arthroskopie.

<u>Studie</u>	Patienten- anzahl bzw. untersuchte Gelenke	Lahmheitsfrei	Lahmheit nach vermehrter Belastung	ständige Lahmheit
MEYER-LINDENBERG et al. (1997)	71	81,7%% (58/71)	12,7 % (9/71)	9 % (4/71)
VAN BREE und VAN RYSSSEN (1998)	175	In 90 % der Fälle bewertete man das Ergebnis als „exzellent“ (lahmheitsfrei) bis „gut“ (zeitweise Lahmheit).		
LANGHANN (1999)	161	52,2 % (84/161)	36,6 % (58/161)	11,8 % (19/16)
MEYER-LINDENBERG et al. (2003a)	238	60,1% (143/238)	29,4% (70/238)	10,5% (25/238)

Tabelle 5: Entwicklung der Arthrose nach operativer Versorgung mittels Arthroskopie.

<u>Studie</u>	Patienten- anzahl bzw. untersuchte Gelenke	Patienten mit Progression der Arthrose	Arthrose- progression um einen Grad	Arthrose- progression um zwei Grade	Arthrose- progression um drei Grade
VAN BREE und VAN RYSSSEN (1998)	62	Bei 82% der radiologisch kontrollierten Patienten (51/62) war ein Fortschreiten der Arthrosen nachweisbar.			
LANGHANN (1999)	100	65% (65/100)	39% (39/100)	21% (21/100)	5% (5/100)
MEYER- LINDENBERG et al.	135	68,1% (92/135)	43,7% (59/135)	20% (27/135)	4,4 % (6/135)

In der Studie von MEYER-LINDENBERG et al. (1997) wurden 71 Gelenke untersucht, bei denen der FPC arthroskopisch entfernt wurde. Nach durchschnittlich acht Monaten waren 81,7% lahmheitsfrei, 12,7% zeigten eine zeitweise Lahmheit auf und bei 5,6% wurde eine ständige Lahmheit diagnostiziert. Eine kurze Rekonvaleszenzzeit konnte in dieser Studie nachvollzogen werden. Bis zur vollständigen Belastung der Gelenke der lahmheitsfreien Hunde dauerte es zumeist zwei bis vier Tage.

Die Veröffentlichung von VAN BREE und VAN RYSSSEN (1998) überprüfte nach arthroskopischer Entfernung eines FPC und /oder einer OCD nach sechs bis 36 Monaten bei 175 Gelenken den Behandlungserfolg. In 90% der Fälle bewertete man das Ergebnis als „exzellent“ (lahmheitsfrei) bis „gut“ (zeitweise Lahmheit). Bei 82% der radiologisch kontrollierten Patienten (51/62) war ein Fortschreiten der Arthrosen nachweisbar.

In der Studie von LANGHANN (1999) wurden 161 Ellbogengelenke nach arthroskopischer Entfernung des FPC untersucht. Nach ca. 10 Monaten waren 52,2% (84/161) vollständig lahmheitsfrei, bei 36,6% (58/161) zeigte sich eine vorübergehende Lahmheit nach starker Belastung oder nach Ruhe und bei 11,8 % (19/16) zeigte sich eine dauerhafte Lahmheit. Die Rekonvaleszenzzeit nach dem Eingriff bis zur vollständigen Belastung der Gelenke betrug im Durchschnitt vier Wochen. Bei den Patienten, die zur radiologischen Überprüfung zur Verfügung standen, konnte eine Progression der Arthrosen in 65% (65/100) beobachtet werden, davon bei 39% (39/100) um einen Grad, bei 21% (21/100) um 2 Grade und bei fünf Gelenken (5/100) um drei Grade.

Die in der Studien von MEYER-LINDENBERG et al. (2003a) durchgeführten Kontrolluntersuchungen fanden durchschnittlich nach 21 Monaten post operationem statt. 60,1 % der arthroskopisch behandelten Patienten (143/238) waren vollständig lahmheitsfrei, das Ergebnis wurde als „gut“ definiert. 29,4% (70/238) zeigten ein „zufriedenstellendes“ Ergebnis, nach starker Belastung oder Ruhe tritt eine vorübergehende Lahmheit auf. 10,5% (25/238) zeigten eine ständige Lahmheit, dies wird als „nicht zufriedenstellend“ beschrieben. Ein Fortschreiten der Arthrosen konnte bei 68,1% (92/135) der röntgenologisch kontrollierten Gelenken festgestellt werden. Die Arthrosen nahmen in 43,7% (59/135) um einen Grad, in 20% (27/135) um zwei Grade und bei sechs Gelenken (4,4%) um drei Grade zu.

2.3.3.3 Vergleich der Behandlungsergebnisse nach Arthrotomie bzw. Arthroskopie zur Behandlung des FCP

In der Literatur sind bisher nur wenige Artikel publiziert worden, die eine Fallzahl von über 100 Patienten erreichen und die einen direkten Vergleich zwischen der Entfernung eines FPC mittels Arthrotomie und Arthroskopie untersuchten. Bei den Studien handelt es sich um die bereits aufgeführten Veröffentlichungen von MEYER-LINDENBERG (2003a) und der Dissertation von LANGHANN (1999). Diese bieten die Möglichkeit eines Vergleichs der Ergebnisse mit einer konstanten, einheitlichen Beurteilung.

In den Veröffentlichungen von MEYER-LINDENBERG (2003a) wurden 518 Ellenbogengelenke, von 421 Hunden untersucht und der FPC via Arthrotomie oder Arthroskopie behandelt. Es wurden davon 247 via Arthrotomie und 271 arthroskopisch therapiert. Nach durchschnittlich 21 Monaten wurden für 238 der arthroskopierten Ellbogengelenke und nach durchschnittlich 23 Monaten für 191 der via Arthrotomie versorgten Gelenke die Daten erhoben. 42,4 % (81/191) der Arthrotomiegruppe und 60,1 % (143/238) der arthroskopisch therapierten Hunde zeigten keine Lahmheit. Die Studie konnte eine signifikante Verbesserung des Gangbilds der Arthroskopiegruppe, im Vergleich zur Patientengruppe nach Arthrotomie nachweisen. In der Studie von LANGHANN (1999) zeigten die Patienten nach Arthroskopie ebenfalls ein besseres Ergebnis, so waren 30,6% (34/111) der Patienten nach Arthrotomie lahmheitsfrei, im Vergleich hierzu waren 52,2% (84/161) der Patienten nach Arthroskopie vollständig lahmheitsfrei. MEYER-LINDENBERG et al. (2003a) konnten ebenfalls beobachten, dass die Kurzzeitergebnisse nach arthroskopischer Entfernung wesentlich besser sind als nach konventioneller Arthrotomie. Die signifikant kürzere Rekonvaleszenzzeit wird hierbei vermutlich durch die Reduzierung des Weichteiltraumas erreicht. (MEYER-LINDENBERG et al., 2003a).

2.4 Ganganalyse

Die instrumentierte Ganganalyse hat in den letzten Jahrzehnten einen hohen Stellenwert als präzises und objektives Mittel zur Erhebung der Belastung und Verwendung der Gliedmaßen in der Tiermedizin gewonnen (GILLETTE & ANGLE, 2008; QUINN et al., 2007). Mithilfe der instrumentierten Ganganalyse lassen sich eine Lahmheit und deren Entwicklung, die Veränderungen des Bewegungsablaufs und auftretende Kompensationsmechanismen verifizieren und aufgrund der elektronischen Datengenerierung für Vergleiche und Auswertungen heranziehen (OFF & MATIS, 1997b). Generell lässt sich die Ganganalyse an Menschen, Tieren und Pflanzen in verschiedene Bereiche unterteilen (HATZE, 1974; LEACH, 1993; OFF & MATIS, 1997a). Eine erste Unterscheidung wird anhand der Bewegung des zu betrachtenden Lebewesens getroffen. Handelt es sich um ein sich im Gleichgewicht befindendes, ruhendes System, spricht man von der Biostatik. Demgegenüber untersucht die Biodynamik einen bewegten Körper (HATZE, 1974; LEACH, 1993; OFF & MATIS, 1997b). Diese lässt sich nun weiter unterscheiden in die Biokinetik und die Biokinematik (DALIN & JEFFCOTT, 1985; OFF & MATIS, 1997a). Erstere betrachtet die während einer Bewegung eines Körpers entstehenden Kräfte, letztere die Bewegung des Körpers ohne Berücksichtigung der Kräfte (DECAMP, 1997; OFF & MATIS, 1997a). Ganganalytische Untersuchungen an Hunden werden üblicherweise in den Gangarten Schritt oder Trab vorgenommen.

2.4.1 Kinetik

Der Körperschwerpunkt des Hundes liegt im Stand näher an den Vorder- als an den Hintergliedmaßen (LARCHÉ, 1962). Die genaue Lage ist abhängig beispielsweise von der Rasse, der Körperhaltung, der Füllung der Eingeweide und der Schwanzbewegung. Für hochläufige Hunde konnten LARCHÉ (1962) und ROY (1971) zeigen, dass selbiger etwa auf Höhe des 9. Interkostalraums (durchschnittlich 43,72 % der Rumpflänge) liegt (LARCHÉ, 1962; ROY, 1971). Dies bleibt auch in der Fortbewegung erhalten (PANDY et al., 1988; RUMPH et al., 1994). Dabei tragen die Vordergliedmaßen etwa 60 % bzw. $\frac{2}{3}$ und die Hintergliedmaßen etwa 40 % bzw. $\frac{1}{3}$ der Körperlast (BUDSBERG et al., 1987; FREWEIN, 1994; HUTTON et al., 1969; LARCHÉ, 1962; RAITH, 2010; UNKEL-MOHRMANN, 1999). Wie im Stand sind die tatsächlichen Werte abhängig von Körperbau und -haltung (BUDSBERG et al., 1987; LARCHÉ,

1962). Somit entfallen aufgrund der gleichmäßigen Belastung der beiden Körperhälften eines Hundes physiologischerweise auf jedes Vorderbein 30 % und jedes Hinterbein 20 % der Körperlast (BUDSBERG et al., 1987; RAITH, 2010; UNKEL-MOHRMANN, 1999). Unterstrichen wird dies durch die unterschiedlichen Funktionen der Vorder- und Hintergliedmaße im Rahmen der rhythmischen Verlagerung des Schwerpunktes nach kranial, also im Rahmen der Vorwärtsbewegung. Die Vorderbeine haben eine raumgreifende und stützende Funktion, während die Hintergliedmaßen als Stemm- und Wurfhebel arbeiten und den Vorschub des Körpers bewirken (FREWEIN, 1994; HUTTON et al., 1969; ROY, 1971). Im Falle einer pathologischen Veränderung des muskuloskeletalen Systems, beispielsweise im Rahmen einer orthopädischen Erkrankung, findet eine Umverteilung der Körperlast von der erkrankten Gliedmaße auf die nicht erkrankten Gliedmaßen statt (HOFMANN, 2002; ROY, 1971). Der Schritt als kleinste sich wiederholende Einheit der Fortbewegung (DECAMP et al., 1993; LEACH, 1993) lässt sich in eine Phase des Bodenkontaktes der Gliedmaße (Standphase) und eine Phase ohne Bodenberührung der Pfote (Schwungphase) unterteilen (DALIN et al., 1973; DREVEMO et al., 1980; JEFFCOTT & KOLD, 1982). Der Beginn eines Schrittes kann mit dem Beginn der Standphase definiert werden und endet mit Beginn der darauffolgenden Standphase (POY et al., 2000). Die Dauer der Stand- zur Schwungphase steht abhängig von der Bewegungsgeschwindigkeit in einem zeitlichen Zusammenhang (LEACH, 1993). Nach Colborne (COLBORNE et al., 1997) verkürzen sich im Trab Stand-, Schwung- und Schrittdauer mit zunehmender Geschwindigkeit, wobei die Standphasendauer stärker sinkt als die Schwungphase und sich somit das Verhältnis Stand-/Schwungphase verändert. Liegt eine Lahmheit einer Gliedmaße vor, so stellt sich die Standphasendauer im Vergleich zur gesunden kontralateralen Vorder- bzw. Hintergliedmaße als kürzer dar, während sich die Schwungphase kompensatorisch im gleichen Rahmen verlängert (HOFMANN, 2002). Während die Pfote eines Hundes in der Standphase den Boden berührt, wird eine Kraft auf den Boden ausgeübt (HUTTON et al., 1969). Diese Kraft wird in 3 Komponenten (Bodenreaktionskräfte, BRK) zerlegt (BUDSBERG et al., 1987): eine kraniokaudal wirkende Kraft, eine mediolaterale und eine vertikale BRK (siehe Abbildung 4).

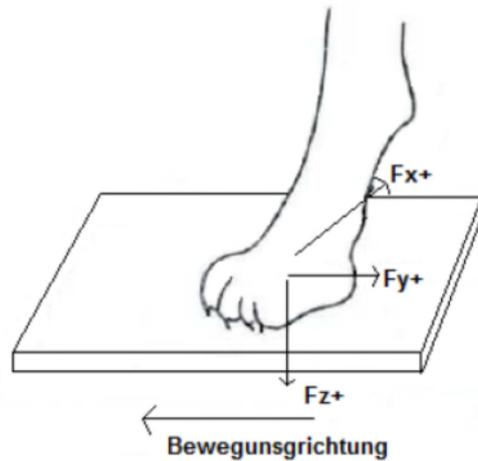


Abbildung 4: Richtung der Bodenreaktionskräfte (BRK) des gesunden Hundes während der Standphase:

F_z = vertikale BRK

F_y = kranio-kaudale BRK

F_x = mediolaterale BRK

(nach BUDSBERG et al., 1987; aus STEIGMEIER, 2011)

Die vertikale BRK wird am häufigsten in der Ganganalyse des Hundes verwendet, da sie die höchsten Werte der drei Kräfte aufweist und am zuverlässigsten reproduziert werden kann (BUDSBERG et al., 1987; RUMPH et al., 1994). Alle BRK werden in Newton (N) gemessen und aufgrund der besseren Vergleichbarkeit auf das kg Körpergewicht (% KGW) bezogen angegeben (BUDSBERG et al., 1987) (siehe auch Abbildung 5). Die Höhe der vertikalen BRK ist dabei abhängig von der Gangart, der Bewegungsgeschwindigkeit und letztlich auch des Körperbaus (RIGGS et al., 1993). Jedoch tritt im Falle einer Lahmheit eine Verringerung der vertikalen BRK der erkrankten Gliedmaße mit Umverteilung der Last auf die anderen Gliedmaßen auf. In der Regel kann bei Erkrankung einer Gliedmaße im Vergleich zur gesunden kontralateralen Vorder- bzw. Hintergliedmaße ein Unterschied im pathologischen und klinisch relevanten Umfang gemessen werden (HOFMANN, 2002; ROY, 1971).

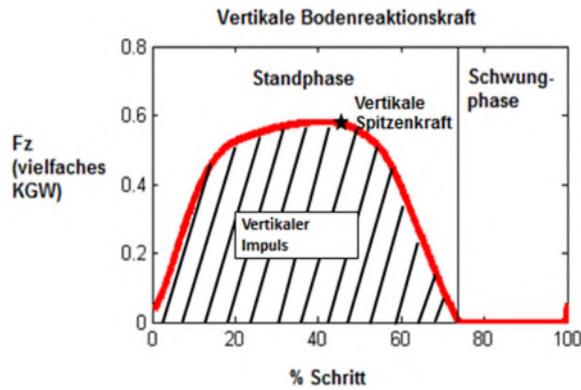


Abbildung 5: Schema der vertikalen BRK (nach STEIGMEIER, 2011).

Die kraniokaudale BRK stellt die Brems- und Schubkraft beim Aufsetzen bzw. Abdrücken der Pfote auf den Boden dar (BUDSBERG et al., 1987). Sie ist bedeutend kleiner als die vertikale BRK (BUDSBERG et al., 1987; DECAMP, 1997; HUTTON et al., 1969; RUMPH et al., 1994). Sie kann Veränderungen aufweisen bevor diese in der vertikalen BRK messbar sind. Die in medialer bzw. lateraler Richtung auftretende BRK ist abermals kleiner als die kraniokaudale BRK und zudem inkonstant in der Richtung ihres Auftretens. Beide BRK werden weniger regelmäßig zur Beurteilung herangezogen (GILLETTE & ANGLE, 2008). Diverse Parameter können an den BRK erhoben und berechnet werden. Am häufigsten wird die auftretende Spitzenkraft (% KGW), definiert als größter auftretender Wert der BRK während der Standphase, betrachtet (BUDSBERG et al., 1987) (siehe Abbildung 5).

Jedoch stellt die Spitzenkraft einen punktuellen Wert dar, der keine Aussage über die gesamte während der Standphase auftretende Kraft macht. Um den zeitlichen Parameter in die Betrachtung mit einzubeziehen, wird der Impuls (% KGW*s) als das Integral der Kraft über die Zeit erhoben (BUDSBERG et al., 1987) (siehe Abbildung 5).

Natürlicherweise besteht keine 100 %-ige Symmetrie zwischen den Werten des rechten und linken Vorder- bzw. Hinterbeines eines gesunden Hundes (BUDSBERG et al., 1987; GILLETTE & ZEBAS, 1999; RAITH, 2010). Verschiedene Ansätze bestehen, um einen lahmen von einem nicht lahmen Hund zu differenzieren bzw. den Übergang von einer physiologischen zu einer pathologischen Differenz innerhalb eines Gliedmaßenpaares zu definieren

(BUDSBERG et al., 1993; HERZOG et al., 1989; OWEN et al., 2004; VOSS et al., 2007). Prinzipiell besteht die Möglichkeit, die Symmetrie eines Gliedmaßenpaares über einen Index zu berechnen und einen Schwellenwert zu bestimmen, ab welchem die Differenz als pathologisch beurteilt wird (HERZOG et al., 1989; LAYER & MATIS, 2012; VOSS et al., 2007). Oder man kann den prozentualen Unterschied zwischen den Werten eines Gliedmaßenpaares berechnen und eine Grenze definieren, oberhalb derer von einer pathologischen Veränderung ausgegangen wird. Beispielsweise wurde eine Grenze bei OWEN et al. (2004) von 8 % und von BUDSBERG et al. (1993) von 3 % ermittelt.

Zudem kann man die Standphase in eine Phase der Belastungsübernahme (Loading) und eine Phase der Entlastung (Unloading) unterteilen (BUDSBERG et al., 1995; RAITH, 2010) (siehe Abbildung 5). Die Rate, mit der eine Gliedmaße Last übernimmt bzw. entlastet wird, kann erhoben werden. Sie wird in % KGW/s angegeben und ist während der Be- bzw. Entlastung nicht konstant. Maximale Werte werden zu Beginn und zum Ende der Standphase gemessen. Veränderungen können im Rahmen von orthopädischen Erkrankungen auftreten.

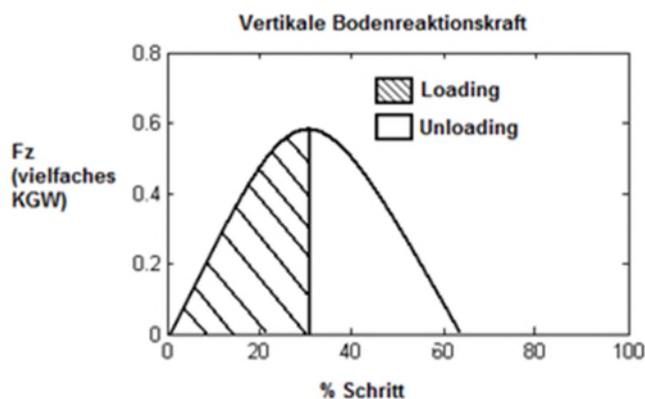


Abbildung 6: Phase der Lastaufnahme (Loading) und der Entlastung (Unloading) während der Standphase (aus STEIGMEIER, 2011).

Bei Betrachtung der kinetischen Parameter orthopädisch erkrankter Hunde müssen zwei Fälle unterschieden werden: uni- und bilaterale Erkrankung (HOFMANN, 2002). Dies gilt auch bei Vorliegen eines FPC. Bei Erkrankung einer Vordergliedmaße findet eine Umverteilung der Belastung weg von der erkrankten Gliedmaße auf die Hintergliedmaßen und auf die nicht erkrankte Körperhälfte statt (BOCKSTAHLER et al., 2009; BOUCK et al., 1995; HOFMANN, 2002; MOREAU et al., 2003; THEYSE et al., 2005). Es liegt dabei

in der Regel eine einseitige Lahmheit vor, welche sich zum Beispiel in einer Verringerung der vertikalen Spitzenkraft bzw. des vertikalen Impulses und der Rate der Belastungsübernahme bzw. in einer Vergrößerung der Entlastungsrate niederschlagen (BOUCK et al., 1995; HOFMANN, 2002; OFF & MATIS, 1997a, 1997b). Bei Erkrankung beider Vordergliedmaßen findet dies ebenfalls statt, solange ein Vorderbein klinisch schmerzhafter ist, als das andere (BURTON et al., 2008; HOFMANN, 2002; MUSSMANN & MATIS, 2009). Es findet sich darüber hinaus eine pathologische Differenz zwischen den Vordergliedmaßen, jedoch wird die Belastung vermehrt auf die Hintergliedmaßen verlagert. Ist keine Vordergliedmaße deutlich schmerzhafter als die andere, findet sich wenig bis keine Umverteilung der Belastung zwischen den Vordergliedmaßen und die Last wird in erster Linie auf die Hintergliedmaßen verschoben (BOUCK et al., 1995; HOFMANN, 2002).

2.4.2 Kinematik

Mithilfe der Kinematik kann eine Aussage über das einzelne Gelenk getroffen werden (DECAMP, 1997; JOHNSON et al., 2011). Prinzipiell werden die Drehpunkte der Gelenke markiert, deren Position im Raum detektiert und über die gewonnenen Daten die Parameter zur Bewegungsbeurteilung berechnet (OFF & MATIS, 1997b). Zur Markierung der Drehpunkte werden palpierbare Knochenpunkte herangezogen und diese entweder mit aktiven oder passiven Markern auf der Haut markiert, oder es können entsprechende Knochenpunkte mit implantierten Markern gekennzeichnet werden (GILLETTE & ANGLE, 2008). Aufgrund der geringeren Invasivität und dadurch der Möglichkeit der Integration der Ganganalyse in den klinischen Alltag werden in der Regel hautfixierte Marker verwendet, obwohl dies Messungenauigkeiten, wie beispielsweise der Hautverschieblichkeit und der fehlerhaften Anbringung der Marker auf der Haut, unterliegt (SCHWENCKE et al., 2012).

Unter anderem können folgende Knochenpunkte zur Ermittlung der Gelenkwinkel der Vordergliedmaße herangezogen werden (OFF, 1992; OFF & MATIS, 1997a):

- 1 Dorsaler Rand der Spina scapulae
- 2 Tuberculum majus humeri
- 3 Epicondylus lateralis humeri
- 4 Processus styloideus ulnae
- 5 Distal am Os metacarpale quintum

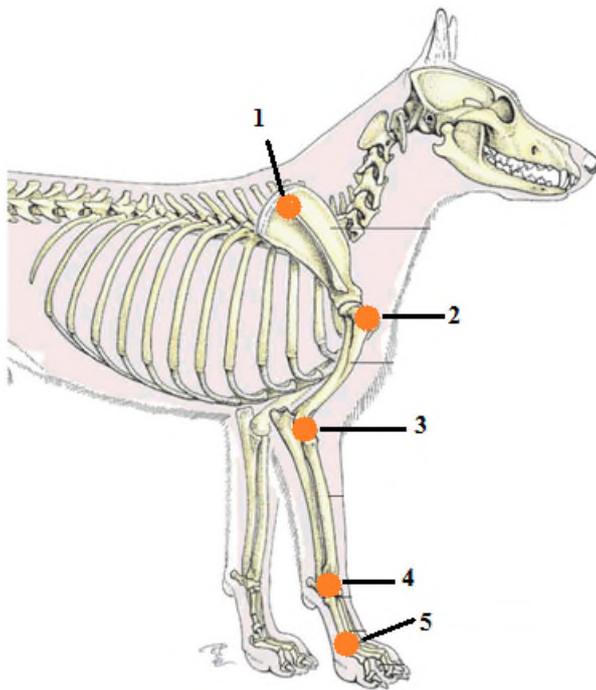


Abbildung 7: Lage der Knochenpunkte zur Berechnung der Kinematik der Vordergliedmaße (OFF, 1992).

Je nach Bedarf können weitere Punkte definiert und zur Berechnung von Winkeln herangezogen werden (LAYER, 2012).

Der Ablauf der Beugung und Streckung der Gelenke des Hundes ist für ein bestimmtes Gelenk für jeden Hund gleich, jedoch finden sich diverse Unterschiede, z. B. bzgl. der Amplituden einer Bewegung. Der Ablauf ist wie folgt beschrieben (HOTTINGER et al., 1996; UNKEL-MOHRMANN, 1999):

Das Schultergelenk befindet sich beim Aufsetzen des Fußes zu Beginn der Standphase in maximaler Extension (siehe Abbildung 8). Es wird während der Standphase zunehmend gebeugt und erreicht kurz vor dem Abheben der Pfote am Ende der Schwungphase seinen minimalen Gelenkwinkel, um in der Schwungphase erneut gestreckt zu werden und kurz vor Beginn der Standphase erneut den maximalen Gelenkwinkel zu erreichen.

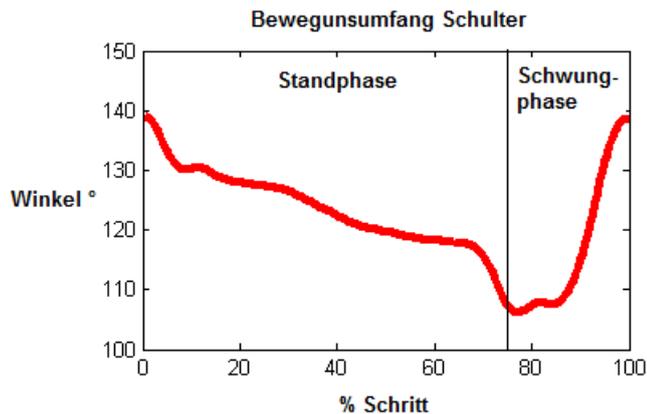


Abbildung 8: Beispiel für den Bewegungsablauf des Schultergelenks während eines Schrittes (aus STEIGMEIER, 2011).

Das Ellbogengelenk zeigt zu Beginn der Standphase sein kleineres Maximum, um bei Übernahme der Körperlast erst leicht einzusinken (Beugung) und dann kontinuierlich gestreckt zu werden (siehe Abbildung 9). Es erreicht kurz vor dem Abfüßen sein absolutes Maximum, um in der folgenden Schwungphase erst maximal gebeugt und dann erneut gestreckt zu werden bis das kleinere Maximum des Ellbogengelenks erreicht wird.

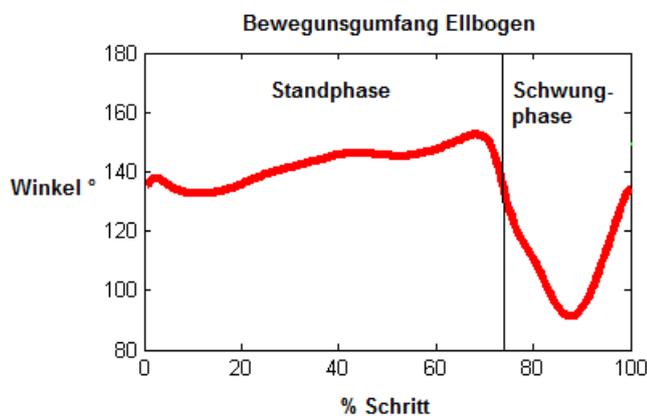


Abbildung 9: Beispiel für den Bewegungsablauf des Ellbogengelenks während eines Schrittes (aus STEIGMEIER, 2011).

Das Karpalgelenk ist zu Beginn der Standphase stark gestreckt und wird während der Standphase überstreckt (Hyperextension, maximale Streckung) (siehe Abbildung 10). Gegen Ende der Standphase geht das Karpalgelenk in eine Flexionsbewegung über, um während der Schwungphase seinen minimalen Gelenkwinkel zu erreichen. Danach wird das Gelenk im zweiten Teil der Schwungphase gestreckt.

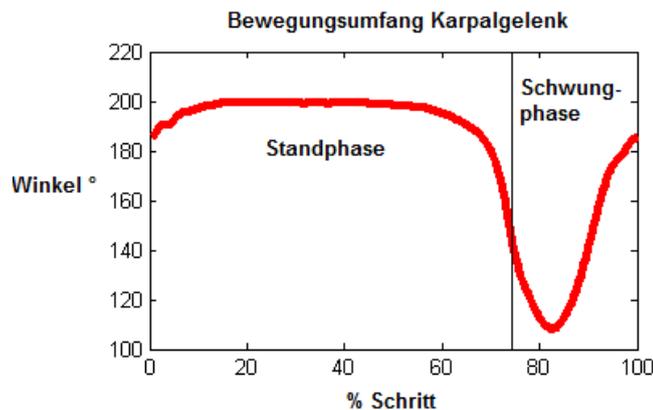


Abbildung 10: Beispiel für den Bewegungsablauf des Karpalgelenks während eines Schrittes (aus STEIGMEIER, 2011).

Unterschiedliche Faktoren haben Einfluss auf die kinematischen Ergebnisse eines Hundes (DECAMP et al., 1993). Neben der Hautverschieblichkeit und Fehlern bei der Anbringung der Marker auf der Haut, werden die Werte durch die Morphometrie des Tieres, also durch die Rasse, und durch die Bewegungsgeschwindigkeit innerhalb einer Gangart beeinflusst (DECAMP et al., 1993; VAN WEEREN et al., 1988).

Verschiedene Parameter können zur Beurteilung einer Gelenkbewegung herangezogen werden (GILLETTE & ANGLE, 2008; HOTTINGER et al., 1996; LAYER & MATIS, 2012; LEACH, 1993; OFF & MATIS, 1997a; POY et al.; RATH, 2010), das zeitliche Auftreten eines Ereignisses während des Schrittes (Time Of Occurrence, TOO, % Schritt), Winkelgeschwindigkeit ($^{\circ}/s$) und Winkelbeschleunigung ($^{\circ}/s^2$). Daneben können weitere Parameter wie Abstände zwischen zwei Markern, Höhe des Pfotenanhebens über den Boden, Abduktions- oder Adduktionsbewegungen und Bewegungsabläufe anderer, als der großen Gelenke eines Hundes wie beispielsweise die Rückenbewegung betrachtet werden (LAYER & MATIS, 2012).

Wenige Autoren veröffentlichten bisher zur Kinematik des Ellbogengelenks bei Vorliegen eines FPC. HOFMANN (2002) berichtet von einer vermehrten Flexion und einer verringerten Extension bei unverändertem ROM des erkrankten Ellbogengelenks im Vergleich zu gesunden Gelenken, während das Schultergelenk keine Veränderungen aufweist und das Karpalgelenk lediglich eine geringere Extension zeigt. BURTON et al. (2008) fanden eine stärkere Flexion von Schulter- und Ellbogengelenk und einen verringerten Bewegungsumfang der Ellbogen- und Karpalgelenks beim Vergleich der beiden Vordergliedmaßen erkrankter Tiere. MUSSMANN (2009) fand nach arthrotomischer Entfernung ebenfalls einen verringerten ROM des erkrankten Ellbogengelenks. Schwierig bei der Beurteilung der Relevanz ist dabei immer der unterschiedliche Grad der Arthrose der untersuchten Tiere.

III. PATIENTENGUT, MATERIAL UND METHODEN

Als Grundlage dienten alle Patienten, die in den Jahren 2005–2013 an der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München aufgrund eines FPC vorgestellt und operativ mittels Arthrotomie (Gruppe 1) bzw. Arthroskopie (Gruppe 2) behandelt wurden. Durch einen Wechsel im Vorstand der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik wurden alle Patienten ab April 2011 nur noch arthroskopisch behandelt und dieser Umstand wurde genutzt, um in dieser Studie die beiden Operationstechniken zu vergleichen.

Ziel dieser Studie war es, eine Aussage über die Entwicklung der Lahmheit in Abhängigkeit zur Operationstechnik zu treffen. Hierfür erfolgte die Kontrolle frühestens sechs Monate nach dem operativen Eingriff. Aufgrund des Studienbeginns im Jahr 2011 wurden die Daten der Gruppe 1 bzgl. des präoperativen Status und des operativen Befunds bzw. der chirurgischen Versorgung retrospektiv aus dem Patientenverwaltungsprogramm Vetera (Fa. Vetra GmbH, 65344 Eltville am Rhein, Deutschland) erhoben und durch eine im Rahmen der Studie durchgeführten Kontrolle ergänzt. Gruppe 2 hingegen wurde prospektiv untersucht. Diese Gruppe wurde einer präoperativen Untersuchung und einer Kontrolluntersuchung unterzogen. Um die Kontrollzeitpunkte anzugleichen, wurden die Patienten der Gruppe 2 nach mindestens 6 Monaten kontrolliert. Zu allen Untersuchungszeitpunkten im Rahmen dieser Studie wurden die Patienten klinisch, orthopädisch, neurologisch und radiologisch untersucht. Des Weiteren wurde zur objektiven Bewertung des Gangbilds eine computergestützte Ganganalyse durchgeführt. Um die Ergebnisse der Gangbildanalyse nicht durch die Bewegung der Gliedmaßen während der orthopädischen und der radiologischen Untersuchung zu verfälschen, wurde die Gangbildanalyse bei der Kontrolluntersuchung zuerst durchgeführt. Die erhobenen Daten der klinischen Untersuchungen und der radiologischen Befundung wurden mit den Befunden vor der Operation statistisch verglichen. Der Ablauf der einzelnen Untersuchungen ist in Abbildung 11 veranschaulicht.

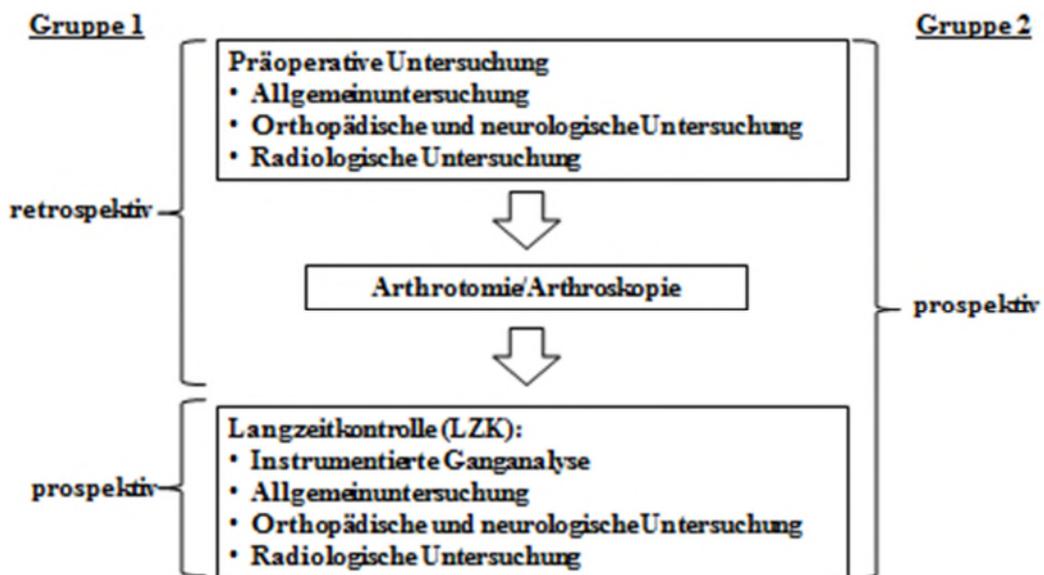


Abbildung 11: Einzelne Untersuchungsschritte, die ein Studienteilnehmer durchlief.

Da bei Vorliegen einer orthopädischen Erkrankung einer Gliedmaße eines Hundes nicht nur die betroffene Gliedmaße Veränderungen des Bewegungsablaufs zeigt, sondern von kompensatorischen Veränderungen der Bewegung der anderen Gliedmaßen, vor allem der kontralateralen Gliedmaße, ausgegangen werden kann, wenn nicht sogar eine bilaterale Erkrankung vorliegt, scheidet die vermeintlich gesunde, kontralaterale Gliedmaße für einen ganganalytischen Vergleich aus. Daher wurden 21 gesunde Labrador Retriever aus früheren Studien (LAYER, 2012; SENCKENBERG, 2016) des Ganganalytelabors der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München für einen Vergleich der ganganalytischen Parameter herangezogen. Das Nichtvorliegen orthopädischer Erkrankungen wurde bei diesen Tieren durch eine orthopädische, neurologische, radiologische und ganganalytische Untersuchung nachgewiesen. Diese Hunde bildeten die Gruppe 3 dieser Studie.

3.1 Patientengut

Alle Hunde mit einer Erkrankung des Ellbogengelenks im Sinne eines FPC wurden in die Studie eingeschlossen. Keine Einschränkungen bestanden bzgl. der Rasse, des Alters oder des Geschlechts. Weitere orthopädische Erkrankungen bzw. chirurgische Eingriffe in der Vergangenheit des Tieres stellten kein Ausschlusskriterium dar, solange zum Zeitpunkt der Vorstellung eine eindeutige Vorderhandlahmheit aufgrund des FPCs vorlag und kein anderes Gelenk als das Ellbogengelenk betroffen war/ist. Ein zum Zeitpunkt der Vorstellung beidseitig vorliegender FPC führte ebenfalls nicht zum Ausschluss des Hundes.

Folgende Ausschlusskriterien wurden angewendet: Ausgeschlossen wurden Hunde unter 20 kg; Hunde mit einer weiteren Lahmheit als der FPC-bedingten Vorderhandlahmheit bzw. einer neurologischen Erkrankung; Hunde mit einer anderen Ellbogengelenkerkrankung als den FPC; Hunde, deren aktuell erkranktes Ellbogengelenk bereits früher operativ versorgt worden war; Hunde, die nicht zur Kontrolluntersuchung vorgestellt wurden.

3.2 Klinische, orthopädische und neurologische Untersuchung

Zu jedem Vorstellungstermin erfolgte eine vollständige klinische Allgemeinuntersuchung. Anschließend wurde eine orthopädische Untersuchung nach Koch et al. (2019), SCHARVOGEL (2004) und ARTHUR (2011a, 2011b) durchgeführt. Neben der Beurteilung der Stellung der Vorder- und Hintergliedmaßen wurde eine subjektive Lahmheitsbeurteilung durch Vorführen des Hundes an der Leine in der Einteilung nach BRUNNBERG (2014) in vier Lahmheitsgrade der Gliedmaßenbelastung vorgenommen:

- Grad 0: nicht gestört, normal
- Grad 1: kaum gestört
- Grad 2: gestört, aber stetig belastet
- Grad 3: gestört, nicht stetig belastet
- Grad 4: gestört, keine Belastung

Darüber hinaus wurde mithilfe eines Maßbandes das Vorhandensein einer Muskelatrophie der Oberarmmuskulatur erfasst. Die Füllung des Ellbogengelenks sowie Schmerzhaftigkeiten bei Manipulation des Ellbogens (Extension, Flexion, Endo- und Exorotation, Druck auf den PCMU) wurden ebenso untersucht wie die Reaktion auf die Coronoid-Probe – dabei wird unter Druck auf den med. Proc. coronoideus ulnae, Radius und Ulna gestreckt und endorotiert um einen Druckschmerz zu provozieren (KOCH et al., 2019). Des Weiteren wurde eine Extensions- und/oder Flexionshemmung des Ellbogengelenks und eine vorhandene Krepitation erfasst. Dabei wurde das ledigliche Vorhandensein der folgenden Punkte überprüft (Muskelatrophie, Krepitation, Schmerzhaftigkeit bei der Coronoid-Probe) Eine differenziertere Beurteilung in vier Grade (nicht vorhanden, gering-, mittel- und hochgradig) wurde für die folgenden Punkte angefertigt (Gelenkfüllung, Dolenz bei Extension, Flexion, Exo- und Endorotation, Druck auf den PCMU). Im Anschluss wurde eine kurze neurologische Untersuchung vorgenommen. Sie umfasste die Überprüfung der Propriozeption und des Flexor-Reflexes aller vier Gliedmaßen und diente zum Ausschluss einer neurologischen Ursache der Vorderhandlahmheit. Die allgemeine und neurologische Untersuchung fand zum Ausschluss anderer als orthopädischer Erkrankungen statt. Es wurden bei allen in die Studie eingeschlossenen Hunden keine pathologischen Abweichungen im Rahmen der allgemeinen und neurologischen Untersuchungen gefunden, sodass im Weiteren nicht mehr im Detail darauf eingegangen wird.

3.3 Röntgenologische Untersuchung

Jedes Ellbogengelenk, der in die Studie eingeschlossenen Hunde wurde mithilfe eines digitalen Röntgengerätes (Axiom Luminos dRF der Firma Siemens Healthcare, 91052 Erlangen, Deutschland) in zwei Ebenen (medio-lateraler Strahlengang 45° gebeugt und kranio-kaudalen Strahlengang in 15° Pronation) nach WAIBL et al. (2012) geröntgt (Abbildung 12 und Abbildung 13). Diese Aufnahmen wurden jeweils vor der Operation und zur Kontrolluntersuchung angefertigt.

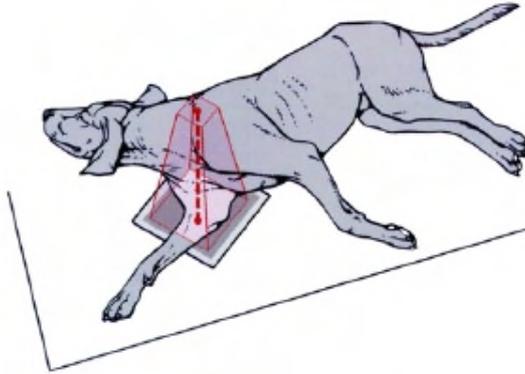


Abbildung 12: Lagerung des Hundes zur röntgenologischen Untersuchung des rechten Ellbogens im medio-lateralen Strahlengang (aus WAIBL & BRUNNBERG, 2012).

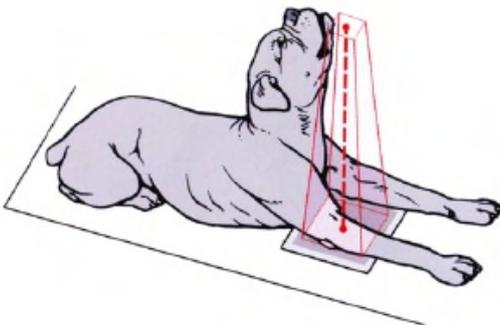


Abbildung 13: Lagerung des Hundes zur röntgenologischen Untersuchung des rechten Ellbogens im kranio-kaudalen Strahlengang (aus WAIBL & BRUNNBERG, 2012).

Die Röntgenaufnahmen wurden mithilfe der Software dicomPACS (Fa. Oehm und Rehbein GmbH, 18057 Rostock, Deutschland) anhand von zwei verschiedenen Einteilungen mittels eines standardisierten Protokolls ausgewertet (siehe Anlage). Zum einen wurden die Aufnahmen in Anlehnung an die Beurteilungsempfehlungen der International Elbow Working Group (IEWG) bewertet (TELLHELM, 2005; TELLHELM et al., 2014). Aufgrund der Tatsache,

dass das Beurteilungsschema der IEWG zur Differenzierung von gesunden und an ED-erkrankten Hunden dient, in dieser Studie jedoch nur Hunde mit einem FPC eingeschlossen wurden, wurde das Schema modifiziert. Auf den radiologischen Darstellungen des Ellbogengelenks wurde das Vorhandensein einer Arthrose bzw. von Osteophyten und eine Inkongruenz überprüft. Die Bewertung der Sklerose und das Vorhandensein von Anzeichen der Primärerkrankung (IPA) wurden aus der Beurteilung ausgegliedert. Das modifizierte Beurteilungsschema ist in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Modifiziertes Beurteilungsschema angelehnt an das Schema der IEWG.

Grad	Bewertung	Radiologischer Befund
0	Normales Ellbogengelenk	Normales Ellbogengelenk, kein Hinweis auf Inkongruenz oder Arthrosen, Vorhandensein einer Sklerose möglich
1	Geringgradige Arthrose	Osteophyten mit einer Höhe < 2 mm
2	Mittelgradige Arthrose	Osteophyten mit 2–5 mm Höhe, eindeutige Stufe zwischen Radius und Ulna von 3–5 mm
3	Hochgradige Arthrose	Osteophyten mit mehr als 5 mm Höhe, Stufe zwischen Radius und Ulna von mehr als 5 mm

In dem Schema nach IEWG erfolgt die Eingruppierung eines Ellbogengelenks in einen hohen Grad, sobald an einer Stelle des Gelenks ein Osteophyt von großer Höhe gemessen wurde, unabhängig vom Vorhandensein oder dem Fehlen weiterer arthrotischer Veränderungen. Daher wurde zum anderen eine weitere Bewertung modifiziert nach FITZPATRICK et al. (2009b) durchgeführt. Ziel war es, allein die radiologisch nachvollziehbaren, arthrotischen Veränderungen des Gelenks detaillierter und deren Ausmaß widerzuspiegeln. Dazu wird das Vorhandensein und die Größe von Osteophyten an acht Lokalisationen des Ellbogengelenks und die Sklerose an einer Lokalisation beurteilt und je Lokalisation zwischen 0 und 3

Punkten vergeben, die am Ende addiert werden (siehe Tabelle 7, Abbildung 14 und Abbildung 15). Dieser Ellbogengelenksarthrose-Score beschreibt mit 0 eine völlige Freiheit des Ellbogengelenks von Arthrose und mit 27 eine hochgradige Arthrose an allen untersuchten Knochenpunkten.

Tabelle 7: Einteilung der Arthrose nach Punkten

Punktebewertung der arthrotischen Veränderungen	radiologischer Befund
0 Punkte	kein Hinweis auf Arthrose
1 Punkt	Osteophyten weniger als 2 mm hoch
2 Punkte	Osteophyten mit 2–5 mm Höhe
3 Punkte	Osteophyten mit mehr als 5 mm Höhe

Folgende Lokalisationen wurden auf das Vorliegen arthrotischer Veränderungen (Punkte 1–4 und 6–9) bzw. einer Sklerose (Punkt 5) untersucht (Abbildung 14 und Abbildung 15):

- 1 Kaudaler Rand des lateralen und medialen Epicondylus
- 2 Proximaler Rand des PA
- 3 Kranialer Rand der Trochlea humeri
- 4 Kranio-proximale Kante des Radiuskopfes
- 5 Basis des PCMU
- 6 Mediale Seite des Epicondylus medialis humeri
- 7 Laterale Seite des Epicondylus lateralis humeri
- 8 Mediale Seite des PCMU
- 9 Laterale Seite des Radiuskopfes



Abbildung 14: Darstellung der beurteilten Lokalisationen an der radiologischen Aufnahme eines linken Ellbogengelenks im medio-lateralen Strahlengang.

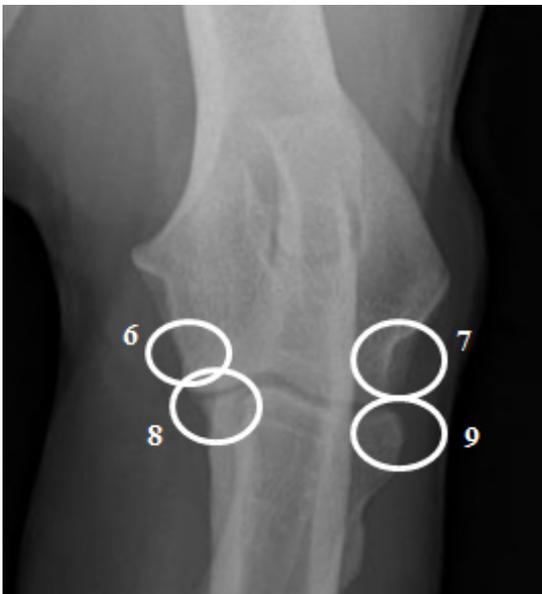


Abbildung 15: Darstellung der beurteilten Lokalisationen an der radiologischen Aufnahme eines linken Ellbogengelenks im kranio-kaudalen Strahlengang.

Des Weiteren wurden die Röntgenbilder auf das Vorhandensein von weiteren radiologischen Veränderungen untersucht. So wurde nach Anzeichen einer OCD, eines IPA und einer Gelenkkongruenz gesucht und die maximalen Höhe osteophytärer Zubildungen am proximalen Rand des PA bestimmt (siehe Anlage) und die Ergebnisse dokumentiert.

3.4 Chirurgische Versorgung

Die Hunde wurden für die operative Versorgung mittels eines standardisierten Narkoseprotokolls eingeleitet. Alle Tiere wurden prämediziert, intubiert und die Narkose mittels Inhalation von Isofluran aufrechterhalten. Anschließend wurde der Operationsbereich rasiert und aseptisch vorbereitet.

Für die arthrotomische Entfernung des FPC wurde standartmäßig ein medialer Zugang zum Ellbogengelenk gewählt. Dieser wurde durch eine stumpfe Präparation zwischen dem M. pronator teres und M. flexor carpi radialis erreicht (PROBST et al., 1989). Die subtotale Ostektomie des PCMU erfolgte wie von FITZPATRICK et al. (2009a) beschrieben. Nach Entfernung des FPC erfolgte eine Spülung des Gelenks mit isotonischer Kochsalzlösung (Isotonische Kochsalzlösung 0,9 %®, Fa. B.Braun, 34209 Melsungen, Deutschland). Der Verschluss der Gelenkkapsel, die Adaption der Muskulatur sowie des subkutanen Gewebes wurde einzeln mit Polydioxanon (PDS®, Fa. Ethicon, 22851 Norderstedt, Deutschland) durchgeführt. Die Haut wurde mit Polyester (Miralene®, Fa. B.Braun, 34209 Melsungen, Deutschland) verschlossen. Beidseitig erkrankte Tiere wurden nicht automatisch beidseitig operiert. Aufgrund der retrospektiven Erhebung der Daten bzgl. der Arthrotomie der Gruppe 1 und des damit verbundenen inkonsistenten Charakters der dokumentierten Fakten konnten diese Daten keiner weitergehenden Auswertung zugeführt werden.

Die Arthroskopie wurde wie bei IDEN (2007) beschrieben vorgenommen. Die arthroskopisch behandelten Patienten wurden zur Operation in Seitenlage gelagert und ebenfalls ein Zugang zum Ellbogengelenk von medial gewählt. Es wurde ein Arthroskop der Firma Wolf (Fa. Richard Wolf, 75438 Knittlingen, Deutschland) mit 2,4 mm Durchmesser und einer abgewinkelten Optik von 30° verwendet. Die intra operationem dargestellten Befunde wurden mittels eines digitalen

Aufzeichnungsgeräts als Bild bzw. Video gespeichert. Für die Entfernung des FPC wurden Tasthaken, verschiedene Fasszagen, Meißel und ein Shaver mit Aufsätzen in unterschiedlichen Größen verwendet. Nach primärer Inspektion des gesamten Gelenks und Entfernung des FPC und ggf. Versorgung weiterer Knorpeldefekte wurde der, unter dem Defekt liegende Knochen mit dem Shaver kürettiert. Es folgten mehrfache Druckspülungen des Gelenks mit isotonische Kochsalzlösung 0,9 %® (Fa. B.Braun, 34209 Melsungen, Deutschland) Der Verschluss der Hautinzision erfolgte mit Polyglactin 910 (Vicryl®, Fa. Ethicon, 22851 Norderstedt, Deutschland). Beidseitig erkrankte Tiere wurden in einer OP-Sitzung an beiden Ellbogengelenken operiert, wenn beidseits eine Lahmheit vorlag.

3.5 Postoperative Behandlung

Alle Hunde erhielten in der ersten postoperativen Phase bis zum Fäden ziehen einen Halskragen, um eine Manipulation des Hundes an der Wunde zu verhindern. Ein Verband wurde nicht angelegt. Zudem wurde die intraoperativ begonnene Analgesie (NSAID) für mehrere Tagen weitergeführt. Eine Antibiose wurde den Patienten mit einer Arthrotomie stets verschrieben, den Patienten die arthroskopiert wurden nur nach strenger Indikation. Darüber hinaus wurden die Fäden nach ca. 10 Tagen entfernt und der Besitzer wurde darauf hingewiesen, den Hund sechs Wochen streng ruhigzuhalten und eine Gewichtszunahme des Tieres zu vermeiden bzw. bei adipösen Patienten das Gewicht zu reduzieren.

3.6 Ganganalytische Untersuchung

Um eine objektive Beurteilung des Gangbildes zum Zeitpunkt der Kontrolle und einen objektiven Vergleich der beiden OP-Methoden zu ermöglichen, wurde im Rahmen der Kontrolluntersuchung eine computerisierte Ganganalyse durchgeführt.

3.6.1 Ganganalyselabor

Die Ganganalyse fand im Ganganalyselabor der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München

statt. Das Ganganalyselabor ist ein ca. 30 m² großer Raum, in dessen Mitte ein Podest aufgebaut ist (Abbildung 16). In der Mitte des Podests ist zentral das Laufband eingelassen. Es besteht aus zwei Gummibändern, die über einen Bereich von ca. 140 x 80 cm zu sehen sind. Unter den Laufbändern befinden sich vier modifizierte Kistler-Kraftmessplatten (Kistler Instrumente GmbH, Sindelfingen, Deutschland), für jede Gliedmaße eine Platte. Die kinetischen Daten (vertikale, kranio-kaudale und medio-laterale BRK) wurden mit einer Frequenz von 1000 Hz erhoben. Die Geschwindigkeit des Laufbandes ist mit einer Software der Firma Simi (Simi Reality Motion Systems GmbH, Unterschleißheim, Deutschland) bis zu einer Genauigkeit von 0,02 m/s einstellbar. Für die Aufzeichnung wurden um das Laufband zirkulär sechs Highspeed-Infrarotkameras Vicon MX 3+ (Vicon Motion Systems Ltd, Oxford, UK) angeordnet. Diese ermöglichten das Erfassen der kinematischen Parameter (x-, y- und z-Koordinaten der passiven Marker) mit einer Frequenz von 100 Hz. Dazu kamen noch neun Videokameras (Sony Exwave HAD), ein Belichtungssystem und die zur Aufnahme benötigten Verstärker und Computer. Das System wurde in ähnlicher Konfiguration bereits von LAYER (2012) beschrieben.



Abbildung 16: Ganganalyselabor der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München.

3.6.2 Versuchsaufbau und Datenverarbeitung

Um eine möglichst natürliche Bewegung auf dem Laufband zu erreichen, wurden die Patienten zur Eingewöhnung zuerst ohne Datenerfassung auf dem Laufband bewegt. Bis sich ein gleichmäßiger Schritt entwickelte und die Geschwindigkeit des Laufbands auf den entsprechenden Patienten angepasst werden konnte. Die Geschwindigkeit des Laufbands wurde so gewählt, dass eine gleichmäßige, regelmäßige Vorwärtsbewegung erzielt werden konnte.

Zur Ermittlung der kinematischen Daten wurde auf definierten Knochenpunkten sogenannte passive Marker angebracht. Dabei handelt es sich um mit einer reflektierenden Schicht überzogene Kugeln (Vicon Motion Systems Ltd, Oxford, UK). Diese werden von den Highspeed-Kameras angestrahlt und die Reflexion aufgezeichnet. Die Knochenpunkte sollen dabei das Rotationszentrum des entsprechenden Gelenks widerspiegeln und wurden entsprechend eines etablierten Vorderhandmodells gewählt (LAYER & MATIS, 2012; OFF & MATIS, 1997a; RAITH, 2010) (Abbildung 17). Auf folgende Punkte wurden Marker mittels doppelseitigen Klebebandes angebracht:

- 1 Stirn: Os frontale
- 2 Okziput: Os interparietale
- 3 Halswirbelsäule: Dornfortsatz des 3. Halswirbels
- 4 Brustwirbelsäule: Dornfortsatz des 3. Brustwirbels
- 5 Brustwirbelsäule: Dornfortsatz des 6. Brustwirbels
- 6 Brustwirbelsäule: Dornfortsatz des 10. Brustwirbels
- 7 Übergang Brust-/Lendenwirbelsäule: Dornfortsatz des 13. Brustwirbels
- 8 Scapula: dorsalster Punkt des Cartilago scapulae
- 9 Humerus: Tuberculum majus humeri
- 10 Humerus: Epicondylus lateralis humeri
- 11 Ulna: Processus styloideus ulnae
- 12 Metacarpus: distal am Os metacarpale quantum

Je drei Marker werden dann für die Definition und Berechnung der Gelenkwinkel herangezogen (Abbildung 17). Die großen Gelenke der Vordergliedmaße sind folgendermaßen definiert:

- Schultergelenkwinkel (a) = Winkel zwischen den Geraden durch die Marker 8 und 9 bzw. 9 und 10
- Schultergelenkwinkel (b) = Winkel zwischen den Geraden durch die Marker 9 und 10 bzw. 10 und 11
- Karpalgelenkwinkel (c) = Winkel zwischen den Geraden durch die Marker 10 und 11 bzw. 11 und 12

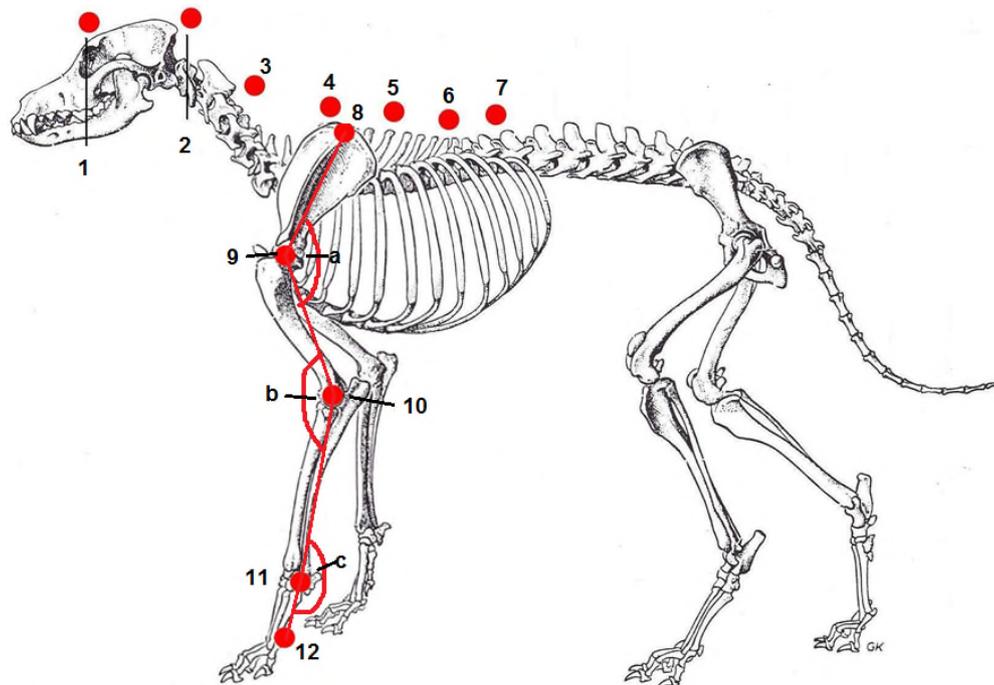


Abbildung 17: Darstellung eines Hundes mit auf den genannten Knochenpunkten angebrachten passiven Markern und der daraus definierten Gelenkwinkel der Schultergliedmaße (a = Schultergelenkwinkel, b = Ellbogengelenkwinkel, c = Karpalgelenkwinkel) (nach LAYER, 2012; Schema des Hundeskelettes aus NICKEL et al., 2004).

Nach dem Anbringen der Marker wurde der Hund erneut auf das Laufband geführt und es wurden mithilfe der Software Vicon Nexus 1.7.1. (Vicon Motion Systems Ltd, Oxford, UK) mehrere Aufnahmen von 30–40s Länge angefertigt. Dabei wurden die kinetischen Daten aller Gliedmaßen sowie auch die kinematischen Daten der Vordergliedmaßen gleichzeitig gesammelt und zudem Videoaufnahmen angefertigt. Mit Hilfe der Software Vicon Nexus 1.7.1. (Vicon Motion Systems Ltd, Oxford, UK) wurde ebenfalls die weitere Verarbeitung der Aufnahmen durchgeführt. Die Aufnahme wurden rekonstruiert, die Marker benannt (gelabelt), Lücken geschlossen bzw. Artefakte bereinigt. Zur weiteren Auswertung der bearbeiteten Dateien stand das hausinterne Programm QuadruPedLocomotion (QPL) zur Verfügung (LAYER & MATIS, 2012; RATH, 2010). Pro Patient wurden so viele Schritte wie möglich ausgewertet, jedoch mindestens zehn Schritte pro Vordergliedmaße. Dabei wurden nur die Schritte verwendet, bei denen die Pfote die jeweilige Kraftmessplatte korrekt getroffen hatte. Aus den Werten der einzelnen Schritte einer jeden Gliedmaße wurde anschließend ein Mittelwert gebildet, der in die weitere Auswertung einfließt.

Folgende kinetische Parameter wurden für die Schultergliedmaßen untersucht:

- Vertikale Spitzenkraft (PVF, % KGW)
- Vertikaler Impuls (VI, % KGW*s)
- Tmax als zeitliches Auftreten der vertikalen Spitzenkraft (% Schritt)
- Symmetrie-Index (SI) nach ROBINSON et al. (1987):

$$SI_{PVF} = ABS \left(200 * \frac{(PVF_{rechts} - PVF_{links})}{(PVF_{rechts} + PVF_{links})} \right)$$

mit $ABS = \text{Betrag von } \left(200 * \frac{(PVF_{rechts} - PVF_{links})}{(PVF_{rechts} + PVF_{links})} \right)$

PVF rechts = Peak Vertical Force der rechten Schultergliedmaße

PVF links = Peak Vertical Force der linken Schultergliedmaße

Der SI konnte durch Ersetzen der PVF-Werte durch den VI auch für diesen berechnet werden (SI VI) (HERZOG et al., 1989; ROBINSON et al., 1987). Der SI kann zur Differenzierung der gesunden von den lahmen Tieren herangezogen werden. Dabei wurde durch Untersuchung gesunder Tiere ein laborinterner Grenzwert von 9 für den SI PVF und von 10 für den SI VI ermittelt (LAYER &

MATIS, 2012; RAITH, 2010; SENCKENBERG, 2016). Tiere mit einem höheren SI als 9 bzw. 10 wurden somit als lahm eingestuft.

- Rate der Belastungsübernahme (Loading, % KGW/s)
- Rate der Entlastung (Unloading, % KGW/s)

Um den Einfluss von kleinen Verschiebungen in der Anbringung der Marker zwischen den Hunden zu vermeiden, wurden die Gelenkwinkel auf eine neutrale Position bezogen (BOCKSTAHLER et al., 2007). Dazu wurde von jedem einzelnen Gelenkwinkel für jeden Hund der Mittelwert errechnet und dieser wiederum von jedem einzelnen Wert der Gelenkwinkel abgezogen. Die entstehenden Kurven bewegten sich um die Nulllinie. Die Winkel aller Schritte eines Hundes wurden gemittelt und wiederum die Werte aller Hunde zu einem Gruppenmittel zusammengefasst um die einzelnen Patientengruppen gegeneinander vergleichen zu können. Folgende kinematischen Parameter wurden aus den Winkelverläufen ermittelt:

- Maximale Gelenkwinkel des Schulter-, Ellbogen- und Karpalgelenks (Max, °)
- Minimale Gelenkwinkel des Schulter-, Ellbogen- und Karpalgelenks (Min, °)
- Bewegungsumfang (ROM, °) des Schulter-, Ellbogen- und Karpalgelenks berechnet als Differenz zwischen Max und Min der Gelenke

Da es sich um ein standardisiertes Aufnahme- und Auswertungsverfahren handelt, waren die Hunde der Gruppe 3 entsprechend obiger Beschreibung aufgenommen. Für den Vergleich der Gruppen wurden die oben genannten Parameter auch für Gruppe 3 berechnet.

3.7 Statistik

Die Erstellung der Statistik erfolgte in Kooperation mit Herrn PD Dr. Reese. Von den Hunden der Gruppen 1 und 2 wurden jeweils die Werte einer Gliedmaße in die Auswertung eingeschlossen. Bei den einseitig erkrankten Tieren handelte es sich um die Schultergliedmaße mit dem erkrankten Ellbogengelenk. Um eine Randomisierung der Daten, für die Patienten mit beidseitiger Erkrankung und Operation des FPC zu erreichen, wurde per Zufallsprinzip entschieden, welche der beiden Schultergliedmaßen für die Auswertung verwendet wurde. Durch die Randomisierung soll ein evtl. vorhandener Unterschied zwischen den Patientengruppen zufällig verteilt werden, wodurch die Gefahr einer systematischen Verfälschung der Ergebnisse verringert wird (KÖHLER et al., 2012). Ebenso wurde bei den Hunden der Gruppe 3 per Los über die Verwendung der rechten oder linken Vordergliedmaße entschieden. Ein Vergleich der Gruppen wurde immer zwischen den Gruppen und den beiden Zeitpunkten der Untersuchung gezogen.

Die statistische Analyse erfolgte nicht nur durch Überprüfung auf Signifikanzen, sondern auch unter Zuhilfenahme von Effektgrößen (COE, 2000; NAKAGAWA & CUTHILL, 2007). Die Effektgrößen und die damit verbundenen 95 %-Konfidenzintervalle wurden mittels des Effect-Size-Calculators (COE, 2014) ermittelt. Dabei wurde eine Effektgröße von 0,7 als Mindestmaß für den Hinweis auf das Vorliegen eines relevanten Unterschiedes zwischen den Gruppen gewertet. Des Weiteren wurde auch die relative Differenz angegeben. Darüber hinaus wurde das Vorliegen von Signifikanzen mithilfe des Students-T-Test überprüft und ein Post-hoc nach Bonferroni durchgeführt. Abhängigkeiten wurde mit dem Chi-Quadrat-Test bzw. dem Test nach Fisher untersucht. Es wurde ein Signifikanzniveau von 5 % ($p < 0,05$) und eine Power von mindestens 80 % festgesetzt. In Anbetracht der stark unterschiedlichen Kontrollzeitspanne, d. h. der Zeit zwischen Operation und Kontrolluntersuchung, wurde eine Matching Pair Analyse durchgeführt. Diese sollte die Möglichkeit einer Verschlechterung des klinischen Bildes mit steigender Kontrollzeitspanne oder einem Einfluss der mehrfach beschriebenen post operationem entwickelnden Arthrose berücksichtigen (BENNETT et al., 1981; MEYER-LINDENBERG et al., 2003a; PROBST et al., 1988; VAN BREE & VAN RYSSSEN, 1998). Dabei konnten acht Paare gebildet werden, bei denen sich das Intervall zwischen Operation und

Kontrolluntersuchung um nicht mehr als 90 Tage unterschied. Für die Daten dieser Tiere wurden separat die Effektgrößen nach Coe, das 95 %-Konfidenzintervall sowie ein gepaarter T-Test (Signifikanzniveau 5 %) durchgeführt. Neben dem oben genannten Effect-Size-Calculator von Coe wurden die Programme IBM SPSS Statistics 22 (International Business Machines Corporation, Armonk, NY, USA), G-Power (Heinrich Heine Universität Düsseldorf, Deutschland) und Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corporation, Redmond, USA) verwendet.

IV. ERGEBNISSE

4.1 Patientengut

In der Studie aufgenommen wurden insgesamt 65 Patienten, davon 20 in der Gruppe 1 (Arthrotomie), 24 in der Gruppe 2 (Arthroskopie) und 21 in der Gruppe 3 (Vergleichsgruppe gesunder Hunde für die ganganalytischen Parameter). Nach den zuvor beschriebenen Kriterien flossen 23 rechte und 21 linke Vordergliedmaßen in die Auswertung ein (Gruppe 1: 9 rechte und 11 linke Vordergliedmaßen, Gruppe 2: 14 rechte und 10 linke Vordergliedmaßen). Alle in die Studie aufgenommen Patienten zeigten intra operationem einen FPC in dem operierten Ellbogengelenk.

Ohne Berücksichtigung der Operationstechnik waren insgesamt in den Gruppen 1 und 2: 19 Hunderassen in diese Studie eingegangen (siehe Tabelle 8). In beiden Gruppen war die am häufigsten vertretene Rasse der Labrador Retriever (Gruppe 1 35,0 %, Gruppe 2 29,2 %). Die zweitgrößte Gruppe waren die Mischlinge (Gruppe 1 15,0 %, Gruppe 2 25,0 %). Für die Gruppe der gesunden Hunde (Gruppe 3) wurden lediglich Labrador Retriever ausgewählt, da diese Rasse häufig im Patientengut der Gruppen 1 und 2 vertreten war und zahlreiche Tiere einen, dieser Rasse vergleichbaren Körperbau aufwiesen.

Tabelle 8: Anzahl der in der Studie vertretenen Hunderassen und deren Häufigkeit.

Rasse	Anzahl der Hunde in Gruppe 1	Anzahl der Hunde in Gruppe 2	Gesamtzahl der Hunde
Labrador Retriever	7 (35,0 %)	7 (29,2 %)	14 (31,8 %)
Mischling	3 (15,0 %)	6 (25,0 %)	9 (20,5 %)
Berner Sennenhund	-	3 (12,5 %)	3 (6,8 %)
Airedale Terrier	2 (10,0 %)	-	2 (4,5 %)
Englische Bulldogge	2 (10,0 %)	-	2 (4,5 %)
Golden Retriever	1 (5,0 %)	1 (4,2 %)	2 (4,5 %)
Bardino	-	1 (4,2 %)	1 (2,3 %)
Beagle	-	1 (4,2 %)	1 (2,3 %)
Boerboel	1 (5,0 %)	-	1 (2,3 %)
Bordeauxdogge	-	1 (4,2 %)	1 (2,3 %)
Cattle Dog	1 (5,0 %)	-	1 (2,3 %)
Flat Coated Retriever	-	1 (4,2 %)	1 (2,3 %)
Französische Bracke	1 (5,0 %)	-	1 (2,3 %)
Magyar Vizsla	1 (5,0 %)	-	1 (2,3 %)
Malinois	1 (5,0 %)	-	1 (2,3 %)
Münsterländer	-	1 (4,2 %)	1 (2,3 %)
Pointer	-	1 (4,2 %)	1 (2,3 %)
Wolfshund	-	1 (4,2 %)	1 (2,3 %)
Summe	20	24	44

Gruppe 1 setzte sich aus 2 weiblichen, 7 weiblich-kastrierten, 9 männlichen und 2 männlich-kastrierten Hunden zusammen. Gruppe 2 bestand aus 5 weiblichen, 10 weiblich-kastrierten, 3 männlichen und 6 männlich-kastrierten Tieren. Somit flossen die Daten von 7 weiblichen, 17 weiblich-kastrierten, 12 männlichen und 8 männlich-kastrierten Tieren in Studie ein.

Das mittlere Gewicht der Hunde aus Gruppe 1 betrug $29,6 \pm 8,0$ kg, der Tiere aus Gruppe 2 $30,8 \pm 8,0$ kg und das der Gruppe 3 $29,6 \pm 3,1$ kg. Durch den Einschluß unterschiedlicher Rassen in Gruppe 1 und 2 fand sich dort eine deutlich größere Standardabweichung als in Gruppe 3, die Mittelwerte der Gruppen zeigten jedoch keine relevante Differenz.

Das Alter der Hunde der Gruppen 1 und 2 betrug zum Zeitpunkt der Operation $4,49 \pm 3,05$ Jahre (0,45–11,46 Jahre) und bei der Kontrolluntersuchung $6,04 \pm 3,25$ Jahre (1,11–12,24 Jahre). Die Werte der einzelnen Gruppen und das Intervall OP-Kontrolluntersuchung sind in Tabelle 9 angegeben. Es fand sich kein signifikanter Unterschied bzgl. des Alters der Hunde bei der Operation zwischen den Gruppen 1 und 2 ($p = 0,315$). Jedoch unterscheidet sich das Intervall OP-Kontrolluntersuchung zwischen den beiden Gruppen ($p = 0,000$) und dadurch auch das Alter der Hunde der Gruppen 1 und 2 bei der Kontrolle ($p = 0,006$) signifikant.

Tabelle 9: Alter der Tiere zum Zeitpunkt der Operation und der Kontrolluntersuchung, Intervall zwischen Operation und Kontrolluntersuchung.

Alter bei Operation (Jahre)	Gruppe 1 (n=20)	Gruppe 2 (n=24)	Gruppe 3
MW	5.0	4.1	-
SD	3.0	3.1	-
Maximum	11.3	11.5	-
Minimum	0.5	0.5	-
Alter bei KU bzw. GBA (Jahre)	Gruppe 1 (n=20)	Gruppe 2 (n=24)	Gruppe 3 (n=21)
MW	7.5	4.9	3.5
SD	3.0	3.00	2.2
Maximum	12.1	12.2	8.2
Minimum	1.7	1.1	1.0
Intervall Operation-KU (Jahre)	Gruppe 1 (n=20)	Gruppe 2 (n=24)	Gruppe 3
MW	2,5	0,8	-
SD	1,8	0,3	-
Maximum	7,3	1,7	-
Minimum	0,5	0,5	-

GBA = Gangbildanalyse

KU = Kontrolluntersuchung

4.2 Ergebnisse der orthopädischen Untersuchung

Alle im folgenden genannten Parameter konnten präoperativ und zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung bei allen 44 Hunden erhoben werden, sodass auf die wiederholte Angabe der Tierzahl im Folgenden verzichtet wurde, zumal die Tierzahl zudem aus den genannten Häufigkeiten hervorgeht.

4.2.1 Lahmheitsgrad

Im Rahmen der Lahmheitsuntersuchung wurde subjektiv der Lahmheitsgrad der Tiere beim Vorführen des Hundes ermittelt. Im Mittel wiesen die Hunde der Gruppe 1 einen Lahmheitsgrad von $1,6 \pm 0,9$ und die der Gruppe 2 einen durchschnittlichen Lahmheitsgrad von $1,9 \pm 1,0$ auf. Es zeigte sich, dass die Parameter Gruppe und Lahmheitsgrad unabhängig voneinander sind ($p = 0,697$). Die Anzahl der betroffenen Tiere je Lahmheitsgrad sind in Tabelle 10 aufgeführt. Bei den Patienten die zum Zeitpunkt der präoperativen Untersuchung als lahmheitsfrei befundet wurden, handelte es sich um Patienten mit einer anhaltenden intermittierenden Lahmheit.

Tabelle 10: Präoperativer, subjektiver Lahmheitsgrad.

Präoperativer Lahmheitsgrad	Anzahl der Hunde Gruppe 1	Anzahl der Hunde Gruppe 2
Grad 0	1 (5,0 %)	1 (4,2 %)
Grad 1	10 (50,0 %)	9 (37,5 %)
Grad 2	5 (25,0 %)	5 (20,8 %)
Grad 3	4 (20,0 %)	9 (37,5 %)
Grad 4	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
Summe	20 (100 %)	24 (100 %)

Bei der subjektiven Lahmheitsuntersuchung zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung wurde die Mehrheit der Tiere (70,5 %) als lahmheitsfrei beurteilt. Im Mittel wiesen die Hunde der Gruppe 1 einen Lahmheitsgrad von $0,5 \pm 0,8$ und die der Gruppe 2 einen durchschnittlichen Lahmheitsgrad von $0,4 \pm 0,8$ auf. Dabei zeigte sich, dass die Parameter Gruppe und Lahmheitsgrad unabhängig voneinander waren ($p = 0,506$). 13 Hunde, 7 Hunde aus Gruppe 1 und 6 Tiere aus Gruppe 2, waren zum Zeitpunkt der Kontrolle lahm. Der durchschnittliche Lahmheitsgrad aller lahmen Tiere betrug $1,5 \pm 0,7$, der lahmen Tiere von

Gruppe 1 $1,4 \pm 0,5$ und der lahmen Hunde aus Gruppe 2 $1,5 \pm 0,8$. Die Anzahl der betroffenen Tiere je Lahmheitsgrad sind in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11: Subjektiver Lahmheitsgrad zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung.

Lahmheitsgrad zur KU	Anzahl der Hunde	
	Gruppe 1	Gruppe 2
Grad 0	13 (65,0 %)	18 (75,0 %)
Grad 1	4 (20,0 %)	4 (16,7 %)
Grad 2	3 (15,0 %)	1 (4,2 %)
Grad 3	0 (0,0 %)	1 (4,2 %)
Grad 4	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
Summe	20 (100 %)	24 (100 %)

Betrachtet man die Veränderung des Lahmheitsgrades der Tiere zwischen der präoperativen und der Lahmheitsuntersuchung zum Zeitpunkt der Kontrolle ergibt sich folgendes Bild: Insgesamt verbesserte sich die Lahmheit von Gruppe 1 um durchschnittlich $1,1 \pm 1,1$ Grade und die der Gruppe 2 im Mittel um $1,3 \pm 1,2$ Grade. Bei 16 Hunden (66,7 %) der Gruppe 1 und 21 Hunden (87,5 %) der Gruppe 2 trat eine Verbesserung ein. Je 2 Tiere (10,0 % bzw. 8,3 %) aus jeder Gruppe zeigten keine Veränderung des Lahmheitsgrades zwischen der präoperativen Untersuchung und der Kontrolle. Bei 3 Hunden hatte sich die Lahmheit (Gruppe 1: 2 Hunde/5,0 %, Gruppe 2: 1 Hund/4,2 %) um einen Grad zum Zeitpunkt der Kontrolle verschlechtert. Eine Aufstellung der Veränderungen gibt Abbildung 18 wieder.

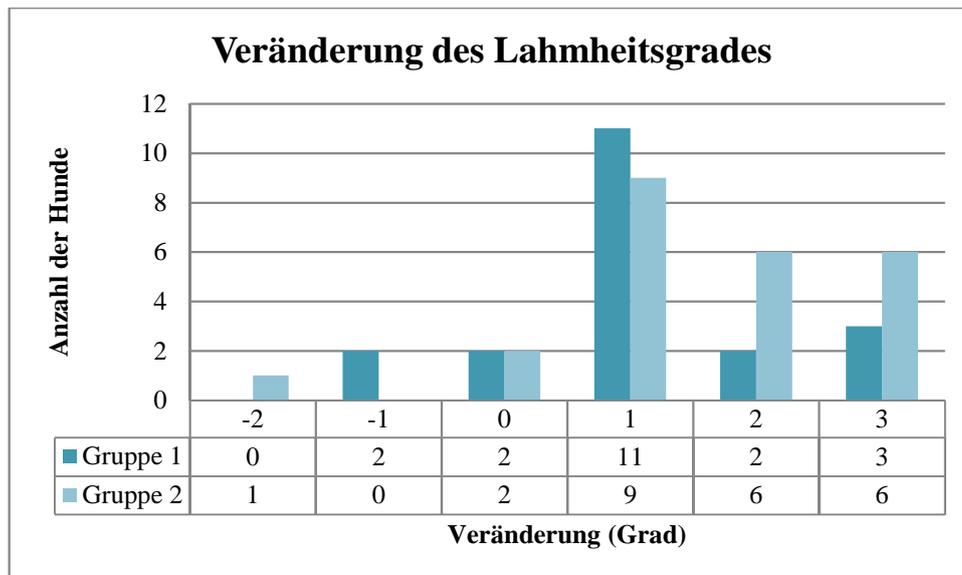


Abbildung 18: Veränderung des Lahmheitsgrades (negative Werte = beschreiben eine Verschlechterung des Lahmheitsgrad, positive Werte = beschreiben eine Verbesserung des Lahmheitsgrad).

4.2.2 Palpatorische Lahmheitsuntersuchung

Die Mehrheit der Patienten wies präoperativ weder eine Muskelatrophie (97,5 %), eine vermehrte Gelenkfüllung (70,5 %) noch eine Krepitation (84,1 %) auf. Bei Betrachtung der Dolenz bei Provokation zeigten 68,2 % der Hunde (Gruppe 1 60,0 %, Gruppe 2 75,0 %) eine Schmerzhaftigkeit bei der Coronoid-Probe und 34,1 % der Tiere (Gruppe 1 30,0 %, Gruppe 2 37,5 %) eine Dolenz bei maximaler Extension. Bei Ausübung von Druck auf den PCMU fand sich eine Differenz zwischen den Gruppen 1 und 2, da die Hälfte der Tiere der Gruppe 2 eine Schmerzhaftigkeit aufwiesen, während das bei nur 10 % der Hunde von Gruppe 1 der Fall war. Dies war auch der einzige Parameter, bei dem sich ein Zusammenhang zwischen der Gruppe und dem Parameter fand ($p = 0,01$). Alle anderen bei der palpatorischen Lahmheitsuntersuchung erhobenen Parameter waren unabhängig von der Gruppe der Tiere, somit gab es keinen Hinweis auf ein unterschiedliches Auftreten dieser Parameter zwischen den Gruppen. Die detaillierten Ergebnisse der palpatorischen Lahmheitsuntersuchung sind in Tabelle 12 aufgeführt.

Tabelle 12: Befunde der präoperativen, palpatorischen Lahmheitsuntersuchung:
Vergleich der Patientengruppen einschließlich Vergleich der Signifikanz
zwischen den Patientengruppen.

Palpatorische Lahmheitsuntersuchung	Anzahl der Hunde Gruppe 1 (n=20)	Anzahl der Hunde Gruppe 2 (n=24)	p-Wert zwischen den Gruppen
Muskelatrophie:			
– Nicht vorhanden	19 (95,0 %)	24 (100,0 %)	0,742
– Vorhanden	1 (5,0 %)	0 (0,0 %)	
Vermehrte Gelenkfüllung:			
– Nicht vorhanden	12 (60,0 %)	19 (79,2 %)	0,184
– Geringgradig	6 (30,0 %)	5 (20,8 %)	
– Mittelgradig	2 (10,0 %)	0 (0,0 %)	
– Hochgradig	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	
Krepitation:			
– Nicht vorhanden	16 (80,0 %)	21 (87,5 %)	1,000
– Vorhanden	4 (20,0 %)	3 (12,5 %)	
Dolenz bei Druck:			
– Nicht vorhanden	18 (90,0 %)	12 (50,0 %)	0,010
– Geringgradig	2 (10,0 %)	10 (41,7 %)	
– Mittelgradig	0 (0,0 %)	2 (8,3 %)	
– Hochgradig	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	
Dolenz bei Extension:			
– Nicht vorhanden	14 (70,0 %)	15 (62,5 %)	0,868
– Geringgradig	5 (25,0 %)	8 (33,3 %)	
– Mittelgradig	1 (5,0 %)	1 (4,2 %)	
– Hochgradig	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	
Dolenz bei Flexion:			
– Nicht vorhanden	19 (95,0 %)	19 (79,2 %)	1,000
– Geringgradig	1 (5,0 %)	5 (20,8 %)	
– Mittelgradig	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	
– Hochgradig	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	
Dolenz bei Coronoid-Probe:			
– Nicht vorhanden	8 (40,0%)	6 (25,0 %)	0,342
– Vorhanden	12 (60,0 %)	18 (75,0 %)	
Dolenz bei Exorotation:			
– Nicht vorhanden	20 (100, %)	22 (91,6 %)	0,493
– Geringgradig	0 (0,0 %)	2 (8,4 %)	
– Mittelgradig	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	
– Hochgradig	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	
Dolenz bei Endorotation:			
– Nicht vorhanden	20 (100,0 %)	23 (95,8 %)	1,000
– Geringgradig	0 (0,0 %)	1 (4,2 %)	
– Mittelgradig	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	
– Hochgradig	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	

Die oben genannten Punkte der palpatorischen Untersuchung wurden ebenfalls bei der Kontrolluntersuchung geprüft (Tabelle 13). Hierbei konnte bei 36,4 % aller Hunde (Gruppe 1 45,0 %, Gruppe 2 29,2 %) eine vermehrte Gelenkfüllung diagnostiziert werden. Bei 31,4% der Tieren (Gruppe 1 45,0 %, Gruppe 2 20,9 %) wurde eine Schmerzhaftigkeit bei Flexion des Gelenks gefunden und bei 43,4 % der Patienten (Gruppe 1 30,0 %, Gruppe 2 54,2 %) war die Coronoid-Probe schmerzhaft. Jedoch zeigte sich bei keinem der untersuchten Parameter ein Zusammenhang zur Gruppe, es lag kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen vor.

Tabelle 13: Befunde der palpatorischen Lahmheitsuntersuchung zum Zeitpunkt der Kontrolle: Vergleich der Patientengruppen einschließlich Vergleich der Signifikanz zwischen den Patientengruppen.

Palpatorische Lahmheitsuntersuchung zur KU	Anzahl der Hunde Gruppe 1 (n=20)	Anzahl der Hunde Gruppe 2 (n=24)	p-Wert zwischen den Gruppen
Muskelatrophie:			
– Nicht vorhanden	17 (85,0 %)	21 (87,5 %)	0,086
– Vorhanden	3 (15,0 %)	3 (12,5 %)	
Vermehrte Gelenkfüllung:			
– Nicht vorhanden	11 (55,0 %)	17 (70,8 %)	0,819
– Geringgradig	7 (35,0 %)	6 (25,0 %)	
– Mittelgradig	2 (10,0 %)	1 (4,2 %)	
– Hochgradig	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	
Krepitation:			
– Nicht vorhanden	16 (80,0 %)	21 (87,5 %)	0,684
– Vorhanden	4 (20,0 %)	3 (12,5 %)	
Dolenz bei Druck:			
– Nicht vorhanden	18 (90,0 %)	19 (79,2 %)	0,819
– Geringgradig	2 (10,0 %)	4 (16,7 %)	
– Mittelgradig	0 (0,0 %)	1 (4,2 %)	
– Hochgradig	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	
Dolenz bei Extension:			
– Nicht vorhanden	16 (80,0 %)	22 (91,7 %)	0,356
– Geringgradig	2 (10,0 %)	2 (8,3 %)	
– Mittelgradig	2 (10,0 %)	0 (0,0 %)	
– Hochgradig	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	
Dolenz bei Flexion:			
– Nicht vorhanden	11 (55,0 %)	19 (79,2 %)	0,248
– Geringgradig	7 (35,0 %)	4 (16,7 %)	
– Mittelgradig	2 (10,0 %)	1 (4,2 %)	
– Hochgradig	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	
Dolenz bei Coronoid-Probe:			
– Nicht vorhanden	14 (70,0%)	11 (45,8 %)	0,135
– Vorhanden	6 (30,0 %)	13 (54,2 %)	
Dolenz bei Exorotation:			
– Nicht vorhanden	20 (100, %)	23 (95,8 %)	1,000
– Geringgradig	0 (0,0 %)	1 (4,2 %)	
– Mittelgradig	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	
– Hochgradig	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	
Dolenz bei Endorotation:			
– Nicht vorhanden	20 (100,0 %)	22 (91,7 %)	0,493
– Geringgradig	0 (0,0 %)	2 (8,3 %)	
– Mittelgradig	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	
– Hochgradig	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	

Bei Betrachtung der Veränderung der einzelnen Parameter von der präoperativen Untersuchung zur Kontrolluntersuchung fanden sich erneut keine signifikanten Differenzen, lediglich der Parameter Dolenz bei Druck auf den PCMU zeigt eine signifikant stärkere Verbesserung der Tiere in Gruppe 2 im Vergleich zu Gruppe 1 (Tabelle 14). Dabei gilt es jedoch zu bedenken, dass signifikant mehr Hunde aus Gruppe 2 eine Schmerzhaftigkeit bei Druck auf den PCMU bei der präoperativen Untersuchung zeigten als Gruppe 1, die zu 90 % keine Schmerzhaftigkeit bei Druck aufwies. Somit konnte sich Gruppe 1 auch nicht in dem Umfang wie Gruppe 2 verbessern. Details zu den Entwicklungen sind in Tabelle 14 abgebildet.

Tabelle 14: Entwicklung der Parameter der palpatorischen Lahmheitsuntersuchung im Vergleich: präoperativen Untersuchung zur Kontrolluntersuchung einschließlich Vergleich der Signifikanz zwischen den Patientengruppen.

Vergleich der präoperativen Untersuchung zur KU	Anzahl der Hunde Gruppe 1 (n=20)	Anzahl der Hunde Gruppe 2 (n=24)	p-Wert zwischen den Gruppen
Muskelatrophie:			
– Verbesserung	1 (5,0 %)	3 (12,5 %)	0,097
– Gleichbleibend	16 (80,0 %)	21 (87,5 %)	
– Verschlechterung	3 (15,0 %)	0 (0,0 %)	
Gelenkfüllung:			
– Verbesserung	5 (25,0 %)	2 (8,3 %)	0,319
– Gleichbleibend	10 (50,0 %)	17 (70,8 %)	
– Verschlechterung	5 (25,0 %)	5 (20,8 %)	
Krepitation			
– Verbesserung	1 (5,0 %)	0 (0,0 %)	0,200
– Gleichbleibend	16 (80,0 %)	23 (95,8 %)	
– Verschlechterung	3 (15,0 %)	1 (4,2 %)	
Dolenz bei Druck:			
– Verbesserung	2 (10,0 %)	11 (45,8 %)	0,018
– Gleichbleibend	16 (80,0 %)	14 (58,3 %)	
– Verschlechterung	2 (10,0 %)	3 (12,5 %)	
Dolenz bei Extension:			
– Verbesserung	4 (20,0 %)	9 (37,5 %)	0,459
– Gleichbleibend	13 (50,0 %)	13 (54,2 %)	
– Verschlechterung	3 (15,0 %)	2 (8,3 %)	
Dolenz bei Flexion:			
– Verbesserung	8 (40,0 %)	4 (16,7 %)	0,243
– Gleichbleibend	10 (50,0 %)	16 (66,7 %)	
– Verschlechterung	2 (10,0 %)	4 (16,7 %)	
Dolenz bei Coronoid-Probe:			
– Verbesserung	8 (40,0 %)	6 (25,0 %)	0,427
– Gleichbleibend	10 (50,0 %)	17 (70,8 %)	
– Verschlechterung	2 (10,0 %)	1 (4,2 %)	
Dolenz bei Exorotation:			
– Verbesserung	0 (0,0 %)	2 (8,3 %)	0,493
– Gleichbleibend	20 (100,0 %)	21 (87,5 %)	
– Verschlechterung	0 (0,0 %)	1 (4,2 %)	
Dolenz bei Endorotation:			
– Verbesserung	0 (0,0 %)	1 (4,2 %)	0,493
– Gleichbleibend	20 (100,0 %)	21 (87,5 %)	
– Verschlechterung	0 (0,0 %)	2 (8,3 %)	

4.3 Röntgenologische Befunde

4.3.1 Präoperativer Röntgenbefund

Die Beurteilung der präoperativen Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen nach dem zuvor genannten, modifizierten Schema angelehnt an die Empfehlungen der IEWG (KIRBERGER, 2014) führte zu folgendem Ergebnis (Tabelle 15): In beiden Gruppen fand sich in der Mehrheit der Fälle keine oder nur eine geringe Arthrose (Gruppe 1: keine Arthrose 50 %, ggr. Arthrose 30 %; Gruppe 2: keine Arthrose 29,5%, ggr. Arthrose 47,7%). Der mittlere Grad der Arthrose betrug für Gruppe 1 $0,75 \pm 0,91$ und für Gruppe 2 $1,13 \pm 0,61$. Insgesamt wiesen die Tiere einen Arthrosegrad von $0,95 \pm 0,78$ auf.

Tabelle 15: Präoperative röntgenologische Befunde in Anlehnung an das IEWG-Schema.

Auswertung nach modifiziertem IEWG-Schema	Anzahl der Tiere		
	Gruppe 1 (n=20)	Gruppe 2 (n=24)	Gesamt (n=44)
– Keine Arthrose	10 (50,0 %)	3 (12,5 %)	13 (29,5 %)
– Geringgradige Arthrose	6 (30,0 %)	15 (62,5 %)	21 (47,7 %)
– Mittelgradige Arthrose	3 (15,0 %)	6 (25,0 %)	9 (20,5 %)
– Hochgradige Arthrose	1 (5,0 %)	0 (0,0 %)	1 (2,3 %)
MW ± SD	$0,75 \pm 0,91$	$1,13 \pm 0,61$	$0,95 \pm 0,78$

Setzt man den gefundenen Grad der Arthrose ins Verhältnis zum Alter der Tiere, ergibt sich das Bild wie in Tabelle 16 dargestellt. Dabei zeigte sich vor allem ein Zusammenhang zwischen dem Alter und dem Grad der Arthrose. Mit zunehmendem Alter der Tiere stieg der Grad der Arthrose.

Tabelle 16: Grad der Arthrose im Verhältnis zum Alter der Tiere.

Anzahl der Hunde nach Grad der Arthrose	Alter der Hunde			
	Jünger als 1 Jahr	1–3 Jahre	3–6 Jahre	Älter als 6 Jahre
– Keine Arthrose	3	2	4	4
– Geringgradig	3	8	6	4
– Mittelgradig	0	0	4	5
– Hochgradig	0	0	0	1

Die Arthrosebeurteilung nach dem Punkteschema erbrachte für Gruppe 1 einen Wert von $3,45 \pm 5,82$ Punkten (Max: 17, Min: 0) und für Gruppe 2 von $3,58 \pm 3,51$ Punkten (Max: 14, Min: 0). Insgesamt wiesen die Tiere präoperativ einen Arthrosegrad von $3,52 \pm 4,64$ Punkten auf.

Die statistische Auswertung der Arthrose lieferte einen geringen Effekt der Arthrosebewertung nach dem modifizierten IWEG-Schema zugunsten der Gruppe 1, jedoch musste der Gruppenunterschied als nicht signifikant beurteilt werden ($p = 0,110$). Weder die Effektgröße noch der p-Wert lieferte einen Hinweis auf einen relevanten Unterschied zwischen den Werten der beiden Gruppen nach dem Punkteschema (Tabelle 17).

Tabelle 17: Ergebnisse der statistischen Auswertung des präoperativen Grads der Arthrose.

Präoperativer Grad der Arthrose	Gruppe 1 MW \pm SD (n=20)	Gruppe 2 MW \pm SD (n=24)	Rel. Diff. (%)	Effektgröße (95 %-KI)	p-Wert
Modif. IEWG-Schema	$0,75 \pm 0,91$	$1,13 \pm 0,61$	33,62	-0,49 (-1,09–0,11)	0,110
Nach Punkteschema	$3,45 \pm 5,82$	$3,58 \pm 3,51$	3,63	-0,03 (-0,62–0,30)	0,929

Darüber hinaus konnte bei zwei Hunden der Gruppe 1 und einem Hunde der Gruppe 2 eine radio-ulnare Inkongruenz festgestellt werden. Insgesamt wiesen bei 17 Tieren die Röntgenbilder des Ellbogengelenks Hinweise auf eine OCD auf (Gruppe 1: 6, Gruppe 2: 11). Die radiologischen Aufnahmen von 2 Hunden aus Gruppe 1 lieferten keinen Hinweis auf einen FPC.

4.3.2 Röntgenbefund zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung

Zum Zeitpunkt der Kontrolle zeigte sich eine Zunahme der Arthrose nach dem modifizierten IEWG-Schema. Gruppe 1 wies im Mittel einen Grad der Arthrose von $2,20 \pm 0,77$ Punkte, Gruppe 2 von $1,88 \pm 0,68$ Punkten und alle Tiere insgesamt von $2,02 \pm 0,73$ Punkten auf (Tabelle 18).

Tabelle 18: Röntgenologische Befunde nach modifiziertem IEWG-Schema zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung.

Auswertung nach modifiziertem IEWG-Schema	Anzahl der Tiere		
	Gruppe 1 (n=20)	Gruppe 2 (n=24)	Gesamt (n=44)
– Keine Arthrose	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)
– Geringgradige Arthrose	4 (20,0 %)	7 (29,2 %)	11 (25,0 %)
– Mittelgradige Arthrose	8 (40,0 %)	13 (54,2 %)	21 (47,7 %)
– Hochgradige Arthrose	8 (40,0 %)	4 (16,7 %)	12 (27,3 %)
MW \pm SD	2,20 \pm 0,77	1,88 \pm 0,68	2,02 \pm 0,73

Betrachtet man wiederum die Verteilung der Arthrosegrade in die oben genannte Klassifizierung des Alters, wird eine Verschlechterung der Arthrose bestätigt und erneut zeigt sich ein Zusammenhang zwischen dem Alter der Tiere und dem Grad der Arthrose im Sinne einer stärkeren Arthrose mit zunehmendem Alter (Tabelle 19).

Tabelle 19: Grad der Arthrose im Verhältnis zum Alter der Tiere zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung.

Anzahl der Hunde nach Grad der Arthrose	Alter der Hunde			
	Jünger als 1 Jahr	1–3 Jahre	3–6 Jahre	Älter als 6 Jahre
– Keine Arthrose	0	0	0	0
– Geringgradig	0	2	1	8
– Mittelgradig	0	4	5	12
– Hochgradig	0	6	4	2

Die Arthrosebeurteilung nach dem Punkteschema erbrachte einen Wert der Arthrose für Gruppe 1 von $11,20 \pm 5,99$ Punkten (Max: 21, Min: 2) und für Gruppe 2 von $8,88 \pm 3,92$ Punkten (Max: 17, Min: 2). Insgesamt wiesen die Tiere postoperativ einen Arthrosegrad von $9,93 \pm 5,04$ Punkten auf. Betrachtet man den

Grad der Arthrose im Punkteschema in Abhängigkeit vom Alter des Tieres bei der Kontrolluntersuchung, zeigt sich ein geringer Zusammenhang zwischen dem Alter der Tiere und dem Grad der Arthrose zur Kontrolluntersuchung ($r = 0,356$, $p = 0,009$) (Abbildung 19).

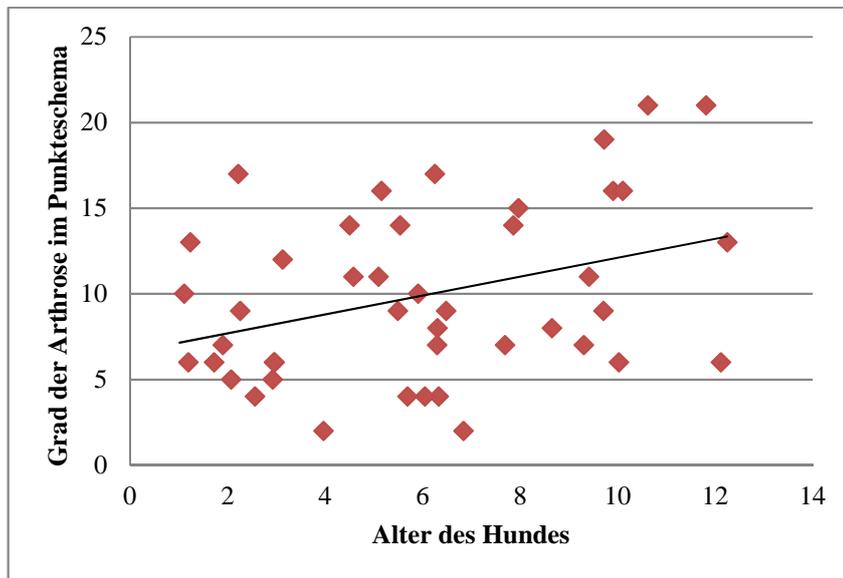


Abbildung 19: Grad der Arthrose im Punkteschema in Korrelation zum Alter bei der Kontrolluntersuchung (schwarze Linie = Trendlinie).

Die statistische Auswertung der Arthrose lieferte einen geringen Effekt der Arthrosebewertung nach beiden Auswertungsschemen zugunsten der Gruppe 2, jedoch muss der Gruppenunterschied als nicht signifikant beurteilt werden ($p = 0,151$ und $p = 0,130$). Weder die Effektgröße noch der p-Wert lieferten einen Hinweis auf einen relevanten Unterschied zwischen den Werten der beiden Gruppen nach dem Punkteschema (Tabelle 20).

Tabelle 20: Ergebnisse der statistischen Auswertung des Grades der Arthrose zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung.

Grad der Arthrose	Gruppe 1 MW \pm SD (n=20)	Gruppe 2 MW \pm SD (n=24)	Rel. Diff. (%)	Effektgröße (95 %-KI)	p-Wert
Modif. IEWG-Schema	2,20 \pm 0,77	1,88 \pm 0,68	17,02	0,44 (-0,17–1,06)	0,151
Nach Punkteschema	11,20 \pm 5,99	8,88 \pm 3,92	26,13	0,46 (-0,17–1,04)	0,130

4.3.3 Vergleich der prä- und postoperativen Röntgenbefunde

Die Progression der Arthrose zwischen der präoperativen Untersuchung und der Kontrolluntersuchung wurde für beide Beurteilungsschemata betrachtet. Insgesamt verschlechterten sich die Tiere nach dem modifizierten IEWG-Schema um $1,07 \pm 0,93$ Punkte und nach dem Punkteschema um $6,41 \pm 4,91$ Punkte. Bei Gruppe 1 verschlechterte sich die Arthrose um $1,45 \pm 0,94$ Grade bzw. $7,75 \pm 5,24$ Punkte, bei Gruppe 2 um $0,75 \pm 0,79$ Grade bzw. $5,29 \pm 4,43$ Punkte. Bei einer Effektgröße von 0,80 findet sich eine signifikante Differenz zwischen den Gruppen bzgl. der Arthrosebeurteilung nach dem modifizierten IEWG-Schema ($p = 0,011$) (Tabelle 21), das heißt Gruppe 1 verschlechterte sich signifikant mehr als Gruppe 2. Hierbei muss jedoch beachtet werden, dass das Intervall OP-Kontrolluntersuchung der Gruppe 1 signifikant größer ist als das der Gruppe 2. Es konnte ebenfalls ein statistisch signifikanter Zusammenhang für die Dauer des Intervalls OP-Kontrolluntersuchung und der Veränderung der Arthrose im Punkteschema nachgewiesen werden ($r = 0,403$, $p = 0,003$) (siehe Abbildung 20).

Tabelle 21: Statistische Auswertung der Progression der Arthrose.

Progression der Arthrose	Gruppe 1 MW \pm SD (n=20)	Gruppe 2 MW \pm SD (n=24)	Rel. Diff. (%)	Effektgröße (95 %-KI)	p-Wert
Modif. IEWG-Schema	$1,45 \pm 0,94$	$0,75 \pm 0,79$	48,28	0,80 (0,18–1,41)	0,011
Nach Punkteschema	$7,75 \pm 5,24$	$5,29 \pm 4,43$	31,74	0,50 (-0,10–1,10)	0,132

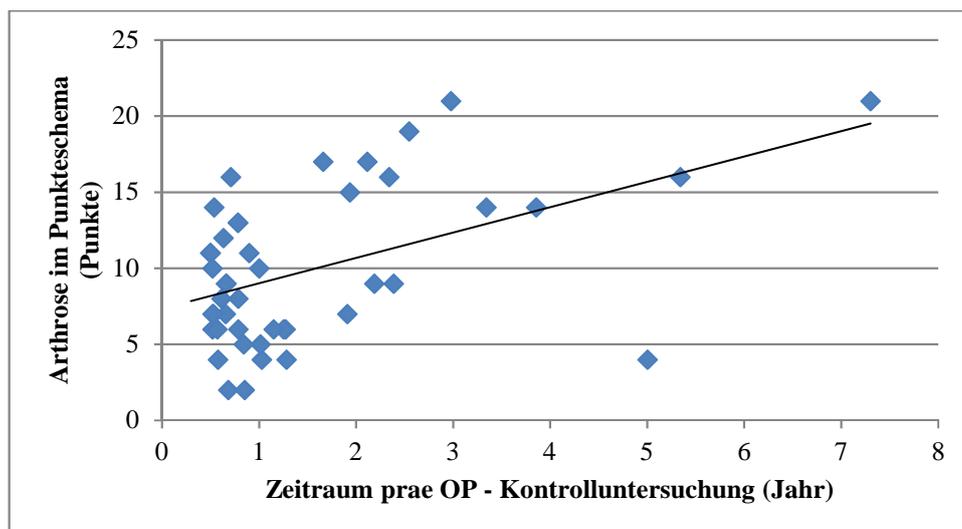


Abbildung 20: Progression der Arthrose im Punkteschema in Bezug zum Zeitraum prae OP – Kontrolluntersuchung.

Tabelle 22: Progression der Arthrose bei der Kontrolluntersuchung in Abhängigkeit von der Rasse nach modif. IEWG-Schema.

<u>Rasse</u>	Entwicklung des Arthrogrades nach modif. IEWG-Schema in Gruppe 1 (n=20)	Entwicklung des Arthrogrades nach modif. IEWG-Schema in Gruppe 2 (n=24)
Labrador Retriever	1,7 (n=7)	0,6 (n=7)
Mischling	1,3 (n=3)	0,5 (n=6)
Berner Sennenhund	-	1,3 (n=3)
Airedale Terrier	1,5 (n=2)	-
Englische Bulldogge	1 (n=2)	-
Golden Retriever	2 (n=1)	1 (n=1)
Bardino	-	1 (n=1)
Beagle	-	0 (n=1)
Boerboel	1 (n=1)	-
Bordeauxdogge	-	3 (n=1)
Cattle Dog	3 (n=1)	-
Flat Coated Retriever	-	0 (n=1)
Französische Bracke	1 (n=1)	-
Magyar Vizsla	0 (n=1)	-
Malinois	1 (n=1)	-
Münsterländer	-	0 (n=1)
Pointer	-	1 (n=1)
Wolfshund	-	1 (n=1)

Untersucht man lediglich, ob sich die Arthrose des einzelnen Tieres nicht verändert oder verschlechtert hat, findet sich in der Mehrheit der Fälle eine Verschlechterung (71,7 % modif. IEWG-Schema, 90,9 % Punkteschema) (Tabelle 23). Verbesserungen traten, wie erwartet, nicht auf.

Tabelle 23: Veränderung der Arthrose im Vergleich der präoperativen Untersuchung zur Kontrolluntersuchung.

Progression der Arthrose	Anzahl der Hunde Gruppe 1 (n=20)	Anzahl der Hunde Gruppe 2 (n=24)
Nach dem modif. IEWG-Schema		
– Gleichbleibend	3 (15,0 %)	10 (41,7 %)
– Verschlechterung	17 (85,0 %)	14 (58,3 %)
Progression um einen Grad	8	11
Progression um zwei Grade	6	2
Progression um drei Grade	3	1
Nach dem Punkteschema:		
– Gleichbleibend	2 (10,0 %)	2 (8,3 %)
– Verschlechterung	18 (90,0 %)	22 (91,7 %)

4.4 Computerisierte Ganganalyse bei der Kontrolluntersuchung

Zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung wurde eine Gangbildanalyse durchgeführt. Von 44 Hunden konnten alle kinetischen und von 43 Hunden alle kinematischen Werte erhoben werden. Lediglich 1 Hund aus Gruppe 1 tolerierte das Anbringen der Marker nicht, sodass darauf verzichtet wurde und nur die kinetischen Daten dieses Hundes aufgezeichnet wurden. Dabei konnten für jede rechte Schultergliedmaße durchschnittlich $28,3 \pm 15,8$ und für jede linke im Mittel $27,0 \pm 17,4$ Schritte ausgewertet werden. Zusätzlich konnten die gesunden Labrador Retriever (Gruppe 3) mit 12 Schritten der rechten und 12 Schritten der linken Vordergliedmaße ausgewertet werden (SENCKENBERG, 2016).

4.4.1 Kinetische Datenanalyse

Die Erhebung der vertikalen Spitzenkraft (PVF) und des Vertikaler Impuls (VI) erbrachte ähnliche Werte für die drei Gruppen (Tabelle 24), wobei Gruppe 3 jeweils die höchsten Werte aufweist. Im Vergleich der drei Gruppen gegeneinander überschritt die relative Differenz in keinem Fall 5 %, wodurch keine klinisch relevante Differenz zwischen den Gruppen vorlag (siehe Tabelle 25). Die Effektgrößen und der p-Wert zeigen, dass keine klinisch bedeutsamen bzw. statistisch signifikanten Differenzen vorliegen (siehe Tabelle 25).

Tabelle 24: Kinetische Parameter: Vertikale Spitzenkraft und vertikaler Impuls der 3 Patientengruppen im Schritt.

PVF (% KGW)	Gruppe 1 (n=20)	Gruppe 2 (n=24)	Gruppe 3 (n=21)
MW	57,7	59,2	60,3
SD	7,2	7,5	5,9
Max	71,2	76,4	71,7
Min	43,5	44,1	49,0
VI (% KGW*s)	Gruppe 1 (n=20)	Gruppe 2 (n=24)	Gruppe 3 (n=21)
MW	19,6	19,8	20,6
SD	3,4	2,6	3,3
Max	25,3	25,6	29,6
Min	12,5	14,0	13,2

Tabelle 25: Statistischer Vergleich von vertikaler Spitzenkraft (PVF) und vertikalem Impuls (VI) zwischen den 3 Patientengruppen im Schritt.

PVF	Rel. Diff. (%)	Effektgröße (95 %-KI)	p-Wert
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 2	2,5	-0,20 (-0,79–0,40)	0,506
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 3	4,4	-0,39 (-1,01–0,23)	0,209
Vergleich Gruppe 2 – Gruppe 3	1,9	-0,16 (-0,75–0,42)	0,582
VI	Rel. Diff. (%)	Effektgröße (95 %-KI)	p-Wert
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 2	0,5	-0,04 (-0,63–0,56)	0,906
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 3	4,5	-0,27 (-0,88–0,35)	0,386
Vergleich Gruppe 2 – Gruppe 3	4,0	-0,27 (-0,86–0,32)	0,361

Zur Beurteilung, ob eine Lahmheit vorlag, wurde der Symmetrie-Index der vertikalen Spitzenkraft SI(PVF) und der Symmetrie-Index des vertikalen Impuls SI(VI) berechnet. Dabei wies Gruppe 1 im Mittel die höchsten Werte und Gruppe 3 die durchschnittlich niedrigsten Werte auf (Tabelle 26). Insgesamt zeigten 10 Tiere (7 Hunde aus Gruppe 1 und 3 Hunde aus Gruppe 2) zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung eine Lahmheit (siehe Tabelle 27), somit war die Mehrheit der Tiere lahmheitsfrei.

Tabelle 26: Symmetrie-Index für die Beurteilung einer Lahmheit im Rahmen der Ganganalyse.

SI(PVF)	Gruppe 1 (n=20)	Gruppe 2 (n=24)	Gruppe 3 (n=21)
MW	5,07	2,75	2,61
SD	4,95	1,98	1,95
Max	18,35	6,86	6,96
Min	0,35	0,00	0,35
SI(VI)	Gruppe 1 (n=20)	Gruppe 2 (n=24)	Gruppe 3 (n=21)
MW	8,18	5,70	4,29
SD	7,69	5,51	2,19
Max	26,98	22,93	8,60
Min	0,17	0,03	0,28

Darüber hinaus wurden die lahmen Hunde danach beurteilt, ob die Lahmheit auf der operierten bzw. der nicht operierten Gliedmaße auftrat (Tabelle 27). In Gruppe 1 wiesen vier Tiere eine Lahmheit der operierten und drei Tiere eine Lahmheit der nicht operierten Gliedmaße auf. Bei Gruppe 2 waren es zwei Tiere die eine Lahmheit der operierten Gliedmaße zeigten bzw. ein Hund mit einer Lahmheit der nicht operierten Gliedmaße.

Tabelle 27: Klassifizierung der Lahmheit unter Zuhilfenahme der Ganganalyse.

Anzahl der Tiere (% der Tiere)	Gruppe 1 (n=20)	Gruppe 2 (n=24)
– Nicht lahm	13 (65,0 %)	21 (87,5 %)
– Lahmheit der operierten Seite	4 (20,0 %)	2 (8,3 %)
– Lahmheit der nicht operierten Seite	3 (15,0 %)	1 (4,2 %)

Bei Betrachtung der Übereinstimmung der subjektiven zur objektiven Lahmheitsbeurteilung scheint auf den ersten Blick eine gute Übereinstimmung zwischen den subjektiv und den objektiv erhobenen Werten zu bestehen. Insgesamt wiesen 13 Tiere in der subjektiven und 10 Hunde in der objektiven Lahmheitsbeurteilung eine Lahmheit auf. Somit wurden 31 bzw. 34 Hunde als lahmheitsfrei bewertet. Wurde verglichen, in wie vielen Fällen sich die Aussage lahm/nicht lahm eines Hundes zwischen der subjektiven und objektiven Bewertung deckt, so zeigte sich, dass der Untersucher in 13 von 44 Fällen (29,5 %) eine andere Beurteilung abgab, als die Gangbildanalyse. Betrachtet man noch genauer, in wie vielen Fällen der Untersucher nicht nur korrekt in lahm oder nicht lahm einteilte, sondern zudem die korrekte Gliedmaße als lahm ansah, so deckt sich die Aussage des Untersuchers in 17 von 44 (38,6 %) der Fälle nicht mit dem Ergebnis der Gangbildanalyse.

Über die reinen Werte der vertikalen Spitzenkraft hinaus wurde das zeitliche Auftreten dieser (Tmax) und die Rate der Belastungsübernahme bzw. Entlastung berechnet (siehe Tabelle 28). Dabei zeigte sich, dass Gruppe 1 den vertikalen Spitzenwert signifikant später erreicht als Gruppe 2 und Gruppe 3 ($p = 0,027$ bzw. $p = 0,004$), während sich Gruppe 2 und 3 nicht signifikant unterschieden (siehe Tabelle 29). Die Rate der Belastungsübernahme wies ebenfalls bei Gruppe 1 signifikant niedrigere Werte auf als Gruppe 3 ($p = 0,007$), wobei sich kein signifikanter Unterschied zwischen Gruppe 1 und 2 bzw. Gruppe 2 und 3 fand.

Sowohl Gruppe 1 als auch Gruppe 2 zeigten signifikant höhere Werte bei der Entlastungsrate auf, als die gesunde Referenzgruppe ($p = 0,005$ bzw. $p = 0,002$). Insgesamt fanden sich eine geringere Lastaufnahme und eine schnellere Entlastung der erkrankten Gliedmaße bei Gruppe 1 und 2, womit Hinweise auf eine schlechtere Belastung im Vergleich zur gesunden Gruppe 3 vorlagen. Gruppe 2 scheint eine Mittelstellung zwischen Gruppe 1 und 3 einzunehmen.

Tabelle 28: Ergebnisse der kinetische Parameter: Tmax, Loading und Unloading der 3 Patientengruppen im Schritt.

Tmax (% Schritt)	Gruppe 1 (n=20)	Gruppe 2 (n=24)	Gruppe 3 (n=21)
MW	31,83	26,14	25,26
SD	8,01	8,212	6,94
Max	45,57	44,41	35,81
Min	19,04	16,96	15,95
Loading (% KGW/s)	Gruppe 1 (n=20)	Gruppe 2 (n=24)	Gruppe 3 (n=21)
MW	4,091	4,557	4,939
SD	0,977	0,875	0,675
Max	5,770	5,883	6,404
Min	2,805	2,858	3,002
Unloading (% KGW/s)	Gruppe 1 (n=20)	Gruppe 2 (n=24)	Gruppe 3 (n=21)
MW	3,900	3,930	2,954
SD	0,869	0,900	0,752
Max	5,695	5,537	4,929
Min	2,218	2,156	1,280

Tabelle 29: Statistische Auswertung der kinetischen Parameter: Tmax, Loading und Unloading im Vergleich der 3 Patientengruppen im Schritt.

tmax	Rel. Diff. (%)	Effektgröße (95 %-KI)	p-Wert
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 2	17,1	0,67 (0,06–1,28)	0,027
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 3	20,9	0,89 (0,27–1,51)	0,004
Vergleich Gruppe 2 – Gruppe 3	4,6	0,14 (-0,43–0,71)	1,000
Loading	Rel. Diff. (%)	Effektgröße (95 %-KI)	p-Wert
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 2	9,6	-0,48 (-1,08–0,13)	0,256
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 3	17,1	-1,02 (-1,65– -0,39)	0,007
Vergleich Gruppe 2 – Gruppe 3	20,3	-0,50 (-1,07–0,08)	0,377
Unloading	Rel. Diff. (%)	Effektgröße (95 %-KI)	p-Wert
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 2	0,0	0,03 (-0,57–0,62)	1,000
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 3	0,3	-1,06 (-1,70– -0,43)	0,005
Vergleich Gruppe 2 – Gruppe 3	0,8	-1,05 (-1,66– -0,45)	0,002

4.4.2 Kinematische Datenanalyse

4.4.2.1 Schultergelenk

Lediglich der minimale Schultergelenkwinkel der Gruppen 1 und 3 unterschied sich signifikant ($p = 0,044$) (siehe Tabelle 30 und Tabelle 31). Bezüglich des maximalen Schultergelenkwinkels, des Bewegungsumfang (ROM) aller Gruppen und des minimalen Gelenkwinkels im Vergleich der Gruppen 1 gegen 2 bzw. 2 gegen 3 fanden sich keine signifikanten Differenzen. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass Gruppe 1 sowohl den kleinsten minimalen Gelenkwinkel als auch den größten Bewegungsumfang zeigte, wohingegen Gruppe 3 sowohl die geringste Beugung und Streckung als auch die kleinste ROM aufwies. Wobei der vergrößerte ROM der Gruppe 1 allein über eine stärkere Flexion erreicht wird. (siehe auch Abbildung 21).

Tabelle 30: Ergebnisse der kinematischen Untersuchung des Schultergelenkwinkels: max. Winkel, min. Winkel und ROM der drei Patientengruppen.

Maximaler Winkel (°)	Gruppe 1 (n=19)	Gruppe 2 (n=24)	Gruppe 3 (n=21)
MW	21,7	22,5	20,3
SD	4,0	5,3	3,9
Max	29,9	34,0	28,9
Min	15,2	14,6	13,6
Minimale Winkel (°)	Gruppe 1 (n=19)	Gruppe 2 (n=24)	Gruppe 3 (n=21)
MW	-15,4	-13,3	-12,9
SD	3,4	3,4	2,7
Max	-10,0	-7,7	-7,9
Min	-24,1	-21,2	-18,7
ROM (°)	Gruppe 1 (n=19)	Gruppe 2 (n=24)	Gruppe 3 (n=21)
MW	37,1	35,9	33,1
SD	6,4	8,1	6,2
Max	54,0	54,8	45,7
Min	28,3	24,9	21,5

Tabelle 31: Statistische Auswertung des Schultergelenkwinkels: max. Winkel, min. Winkel und ROM im Vergleich der Patientengruppen.

Maximaler Winkel	Rel. Diff. (%)	Effektgröße (95 %-KI)	p-Wert
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 2	3,6	-0,16 (-0,77–0,44)	1,000
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 3	6,5	0,35 (-0,28–0,97)	0,951
Vergleich Gruppe 2 – Gruppe 3	9,8	0,46 (-0,13–1,05)	0,289
Minimale Winkel	Rel. Diff. (%)	Effektgröße (95 %-KI)	p-Wert
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 2	13,6	-0,61 (-1,22–0,01)	0,114
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 3	16,2	-0,80 (-1,45– -0,16)	0,044
Vergleich Gruppe 2 – Gruppe 3	3,0	0,22 (-0,37–0,81)	1,000
ROM	Rel. Diff. (%)	Effektgröße (95 %-KI)	p-Wert
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 2	3,2	0,16 (-0,44–0,76)	1,000
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 3	10,8	0,62 (-0,01–1,26)	0,239
Vergleich Gruppe 2 – Gruppe 3	7,8	0,38 (-0,21–0,97)	0,601

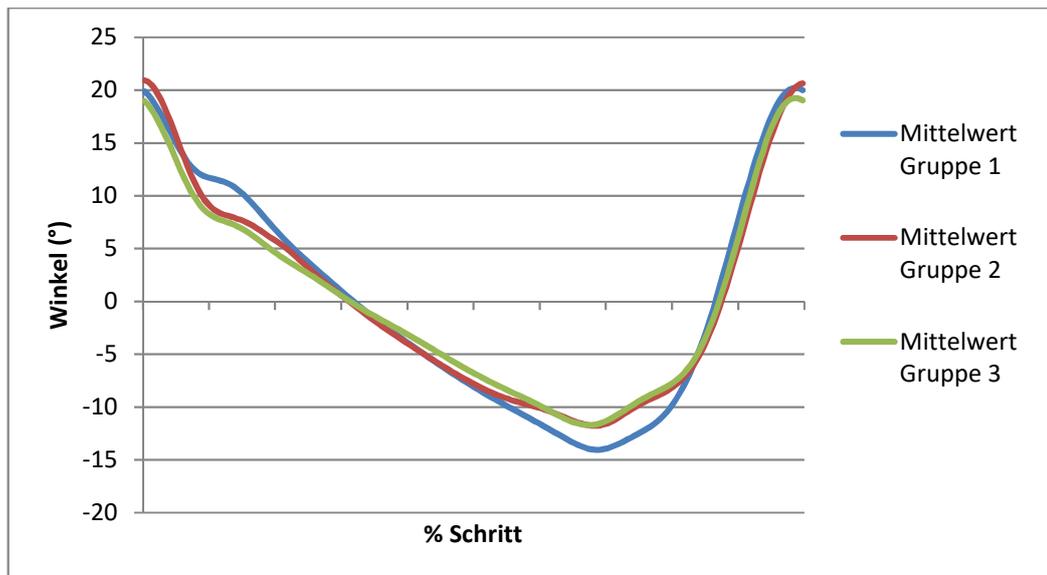


Abbildung 21: Mittelwerte des Gelenkwinkelverlaufs des Schultergelenks der drei Gruppen während des Schrittzklus.

4.4.2.2 Ellbogengelenk

Gruppe 1 wies den geringsten Bewegungsumfang des Ellbogengelenks auf. Dies ist nur im Vergleich zu Gruppe 2 signifikant ($p = 0,020$) (siehe Tabelle 32 und Tabelle 33). Die ROM war ebenfalls bei den Hunden in Gruppe 1 am geringsten. Dabei fand sich eine signifikante Verringerung der Extension des Ellbogengelenks von Gruppe 1 im Vergleich zu Gruppe 2 ($p = 0,001$) und Gruppe 3 ($p = 0,001$). Bezüglich des minimalen Gelenkwinkels fanden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Untersuchte man die Bewegung des Ellbogengelenks im Bereich des Übergangs der Stand- zur Schwungphase, also beim Abfußen, so zeigte Gruppe 1 eine signifikant niedrigere Extension als Gruppe 2 ($p = 0,003$) bzw. Gruppe 3 ($p = 0,001$). Gruppe 2 und 3 differierten in keinem der untersuchten Parameter signifikant. Die Ellbogengelenkwinkel sind in Abbildung 22 graphisch dargestellt.

Tabelle 32: Ergebnisse der kinematischen Untersuchung des

Ellbogengelenkwinkels: max. Winkel, min. Winkel, ROM und max. Winkel beim Abfüßen der drei Gruppen.

Maximaler Winkel (°)	Gruppe 1 (n=19)	Gruppe 2 (n=24)	Gruppe 3 (n=21)
MW	14,6	17,7	17,7
SD	2,8	3,1	1,9
Max	20,3	24,3	22,1
Min	9,6	12,5	14,3
Minimale Winkel (°)	Gruppe 1 (n=19)	Gruppe 2 (n=24)	Gruppe 3 (n=21)
MW	-32,2	-33,3	-32,6
SD	4,3	3,6	3,4
Max	-24,7	-27,8	-26,8
Min	-40,6	-40,0	-38,4
ROM (°)	Gruppe 1 (n=19)	Gruppe 2 (n=24)	Gruppe 3 (n=21)
MW	47,3	51,9	50,3
SD	6,4	5,8	3,9
Max	60,9	64,2	55,9
Min	35,5	41,6	42,5
Maximaler Winkel Abfüßen (°)	Gruppe 1 (n=19)	Gruppe 2 (n=24)	Gruppe 3 (n=21)
MW	12,7	16,1	16,7
SD	3,0	3,5	2,9
Max	18,5	24,3	22,1
Min	8,4	8,6	10,4

Tabelle 33: Statistische Auswertung des Ellbogengelenkwinkels: max. Winkel, min. Winkel, ROM und max. Winkel beim Abfußen im Vergleich der Patientengruppen.

Maximaler Winkel	Rel. Diff. (%)	Effektgröße (95 %-KI)	p-Wert
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 2	17,5	-1,02 (-1,66– -0,38)	0,001
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 3	17,5	-1,28 (-1,96– -0,60)	0,001
Vergleich Gruppe 2 – Gruppe 3	0,0	0,00 (-0,59–0,59)	1,000
Minimale Winkel	Rel. Diff. (%)	Effektgröße (95 %-KI)	p-Wert
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 2	4,7	0,40 (-0,21–1,01)	0,535
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 3	0,3	-0,03 (-0,65–0,60)	1,000
Vergleich Gruppe 2 – Gruppe 3	5,0	-0,48 (-1,07–0,12)	0,433
ROM	Rel. Diff. (%)	Effektgröße (95 %-KI)	p-Wert
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 2	8,9	-0,74 (-1,37– -0,12)	0,020
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 3	6,0	-0,56 (-1,19–0,07)	0,240
Vergleich Gruppe 2 – Gruppe 3	3,1	0,31 (-0,77–0,40)	0,971
Maximaler Winkel Abfußen (°)	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 2	21,1	-1,01 (-1,65– -0,38)	0,003
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 3	24,0	-1,33 (-2,02– -0,64)	0,001
Vergleich Gruppe 2 – Gruppe 3	3,6	-0,18 (-0,77–0,40)	1,000

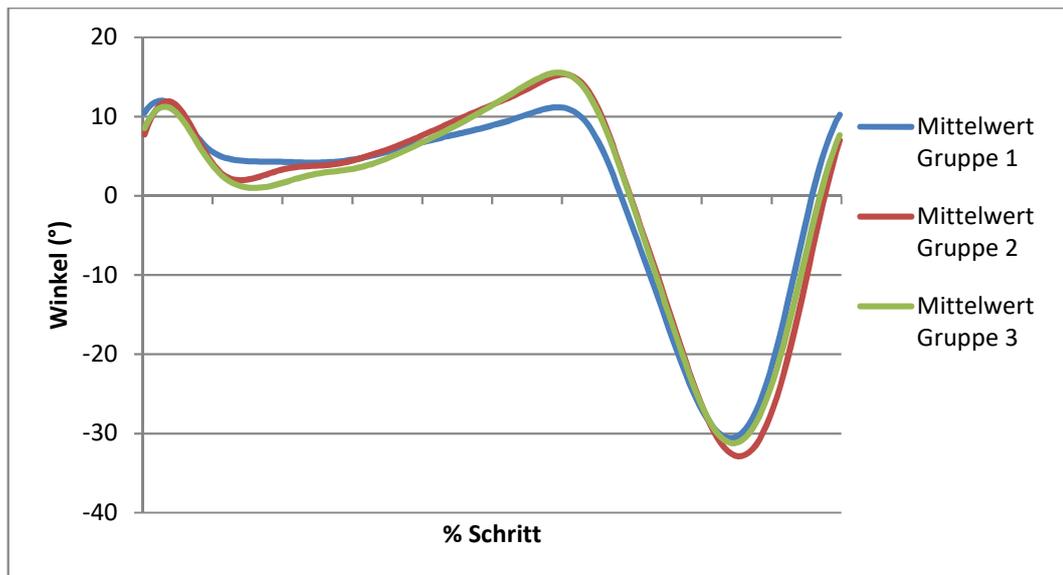


Abbildung 22: Mittelwerte des Gelenkwinkelverlaufs des Ellbogengelenks der drei Gruppen während des Schrittzklus.

4.4.2.3 Karpalgelenk

Bezüglich des Karpalgelenks wies Gruppe 2 den geringsten ROM auf, wobei dies im Vergleich zu Gruppe 1 und Gruppe 3 signifikant ist ($p = 0,011$ bzw. $0,000$) (Tabelle 34 und Tabelle 35). Der Bewegungsumfang von Gruppe 1 und 3 unterschieden sich nicht signifikant. Der geringe ROM der Gruppe 2 entstand in erster Linie durch eine signifikant geringere Flexion des Karpalgelenks im Vergleich zu Gruppe 1 ($p = 0,005$) bzw. Gruppe 3 ($p = 0,000$). Darüber hinaus wies Gruppe 2 ebenfalls die geringste Extension aller Gruppen auf, was jedoch nur im Vergleich zu Gruppe 3 signifikant war ($p = 0,009$). Gruppe 1 und 3 unterschieden sich in keinem der untersuchten Parameter signifikant. Die Gelenkwinkelverläufe des Karpalgelenks aller Gruppen sind in Abbildung 23 dargestellt.

Tabelle 34: Ergebnisse der kinematischen Untersuchung des Karpalgelenkwinkels: max. Winkel, min. Winkel und ROM der drei Patientengruppen.

Maximaler Winkel (°)	Gruppe 1 (n=19)	Gruppe 2 (n=24)	Gruppe 3 (n=21)
MW	22,1	20,0	23,7
SD	3,6	4,3	3,8
Max	27,7	28,4	29,5
Min	16,0	11,5	17,0
Minimaler Winkel (°)	Gruppe 1 (n=19)	Gruppe 2 (n=24)	Gruppe 3 (n=21)
MW	-64,4	-53,8	-68,8
SD	12,1	9,6	10,1
Max	-47,7	-35,9	-49,4
Min	-88,0	-69,3	-91,1
ROM (°)	Gruppe 1 (n=19)	Gruppe 2 (n=24)	Gruppe 3 (n=21)
MW	86,6	73,8	92,4
SD	15,0	13,3	13,0
Max	115,5	94,1	117,0
Min	65,2	47,4	70,5

Tabelle 35: Statistische Auswertung des Karpalgelenkwinkels: max. Winkel, min. Winkel und ROM im Vergleich der Patientengruppen.

Maximaler Winkel	Rel. Diff. (%)	Effektgröße (95 %-KI)	p-Wert
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 2	9,5	0,51 (-0,10–1,13)	0,247
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 3	4,2	-0,42 (-1,05–0,20)	0,688
Vergleich Gruppe 2 – Gruppe 3	15,6	-0,89 (-1,51– -0,28)	0,009
Minimale Winkel	Rel. Diff. (%)	Effektgröße (95 %-KI)	p-Wert
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 2	16,7	-0,97 (-1,60– -0,33)	0,005
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 3	6,4	0,37 (-0,25–1,00)	0,597
Vergleich Gruppe 2 – Gruppe 3	21,8	1,50 (0,84–2,16)	0,000
ROM	Rel. Diff. (%)	Effektgröße (95 %-KI)	p-Wert
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 2	14,8	0,89 (0,26–1,52)	0,011
Vergleich Gruppe 1 – Gruppe 3	6,3	-0,45 (-1,08–0,18)	0,549
Vergleich Gruppe 2 – Gruppe 3	20,1	-1,39 (-2,04– -0,74)	0,000

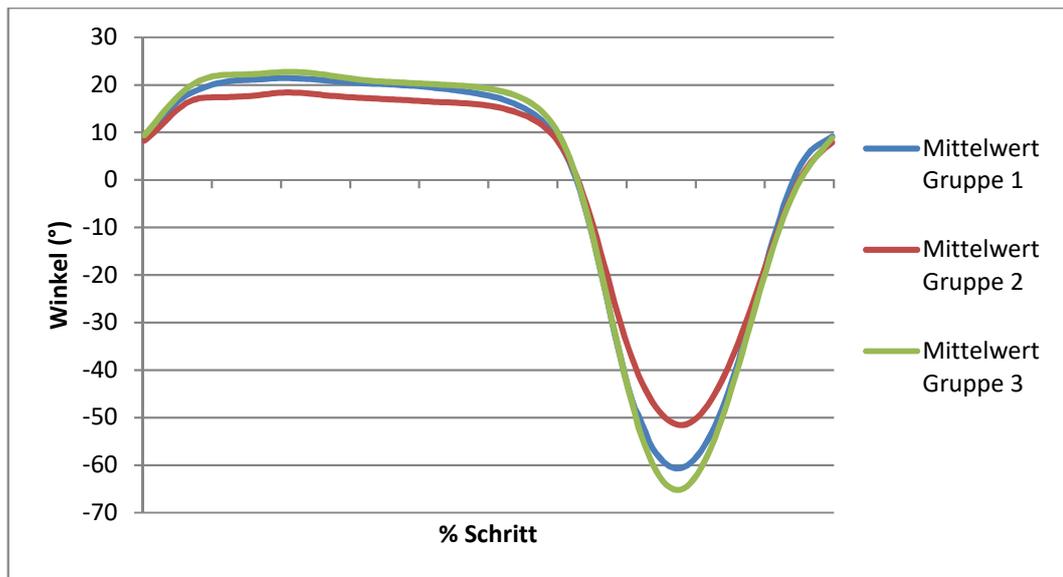


Abbildung 23: Mittelwerte des Gelenkwinkelverlaufs des Karpalgelenks der drei Gruppen während des Schrittzklus.

4.5 Matching Pairs

Um die Limitation eines signifikant unterschiedlichen Intervalls zwischen Operation und Kontrolluntersuchung zu überwinden, wurden Patientenpaare gebildet. Je ein Tier aus Gruppe 1 und ein Tier aus Gruppe 2, deren Intervall OP-Kontrolluntersuchung um weniger als 90 Tage differierten, wurden zu einem Paar zusammengefasst. 8 Paare konnten gefunden werden. Das mittlere Intervall OP-Kontrolluntersuchung betrug $1,00 \pm 0,44$ Jahre (Gruppe 1) bzw. $0,91 \pm 0,40$ Jahre (Gruppe 2) (Tabelle 36). Die Gruppen unterschieden sich bzgl. ihres Alters bei OP signifikant ($p = 0,025$), jedoch zeigte sich beim Intervall OP-Kontrolluntersuchung kein signifikanter Unterschied ($p = 0,10$).

Tabelle 36: Alter der Hunde der Matching Pair Analyse zum Zeitpunkt der Operation und der Kontrolluntersuchung (KU), Intervall zwischen Operation und Kontrolluntersuchung.

Alter bei Operation (Jahre)	Matching-Pairs Gruppe 1(n=8)	Matching-Pairs Gruppe 2(n=8)
MW	5,32	2,08
SD	3,91	1,94
Maximum	11,33	5,68
Minimum	0,45	0,45
Alter bei KU bzw. GBA (Jahre)	Gruppe 1 (n=8)	Gruppe 2 (n=8)
MW	6,31	3,00
SD	3,70	1,84
Maximum	12,12	6,30
Minimum	1,72	1,19
Intervall Operation-KU (Jahre)	Gruppe 1 (n=8)	Gruppe 2 (n=8)
MW	1,00	0,91
SD	0,44	0,40
Maximum	1,91	1,66
Minimum	0,50	0,53

Bei allen Hunden aus Gruppe 1 wurde nur ein Ellbogengelenk operativ versorgt, wohingegen einer von acht Hunden aus Gruppe 2 bilateral operiert wurde. Die restlichen sieben Tiere aus Gruppe 2 wurden ebenfalls einseitig operiert. Zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung wurde bei je zwei Tieren der beiden Gruppen im Rahmen der orthopädischen Untersuchung eine Lahmheit diagnostiziert. Dabei zeigten beide Patienten der Gruppe 1 eine Persistenz ihres Lahmheitsgrads, je ein

Patient war ggr, sowie mgr. lahm zum Zeitpunkt der Kontrolle. In Gruppe 2 waren beide Patienten zum Zeitpunkt der Operation ggr. lahm, ein Patient entwickelte eine mgr. und ein Patient eine hgr. Lahmheit zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung.

Daneben wurde die Zunahme der Arthrose beider Gruppen untersucht. Gruppe 1 zeigte eine durchschnittliche Progression der Arthrose um $1,25 \pm 0,70$ Grad nach dem modifizierten IEWG-Schema bzw. eine Progression um im Mittel $5,50 \pm 3,0$ Punkte im Punkteschema. Für Gruppe 2 betragen diese Werte $1,13 \pm 0,99$ Grad bzw. $9,13 \pm 4,73$ Punkte. Im Vergleich der beiden Gruppen zueinander war die Differenz zwischen den Gruppen nicht signifikant ($p = 0,506$ und $p = 0,173$). Die signifikant stärkere Progression der Arthrose bei Betrachtung der gesamten Patientengruppen, Gruppe 1 im Vergleich zu Gruppe 2, gemessen im modifizierten IEWG-Schema, konnte hier nicht nachvollzogen werden. Die Bewertung der Arthrose-Progression im Punkteschema erbrachte jedoch sowohl für alle Hunde als auch für die Matching Pair Analyse das gleiche Ergebnis, wobei sich in dieser Studie kein Zusammenhang zwischen der Progression der Arthrose und der Operationsmethode finden ließ.

Obwohl beim Vergleich der kinetischen Parameter der Gangbildanalyse keine signifikanten Differenzen zwischen den Matching Pair Gruppen 1 und 2 gefunden werden konnten, wies Gruppe 1 wie bereits beim Vergleich aller Hunde: die niedrigeren Werte für PVF und VI, eine geringere Belastung der erkrankten Gliedmaße und zudem eine schnellere Entlastung auf (Tabelle 37). Dies waren alles Anzeichen einer schlechteren Belastung der Gliedmaße der Gruppe 1 im Vergleich zu Gruppe 2. Hinweise auf einen relevanten Effekt fanden sich aufgrund der Effektgrößen über 0,7 bei den Parametern PVF und Unloading. Das Fehlen von Signifikanzen beruhte in erster Linie auf der geringen Fallzahl.

Tabelle 37: Statistische Auswertung der kinetischen Parameter der Matching Pairs: PVF, VI, Tmax, Loading und Unloading im Vergleich der Patientengruppen.

Kinetische Parameter	Gruppe 1 MW ± SD (n=8)	Gruppe 2 MW ± SD (n=8)	Rel. Diff. (%)	Effektgröße (95 %-KI)	p-Wert
PVF (% KGW)	55,9 ± 7,6	62,5 ± 9,4	10,6	0,77 (-0,97–0,80)	0,215
VI (% KGW * s)	19,0 ± 4,2	21,1 ± 3,0	10,0	0,58 (-0,87–0,73)	0,334
Tmax (% Schritt)	29,6 ± 6,9	26,7 ± 4,8	9,8	-0,49 (-0,69–0,50)	0,283
Loading (% KGW/s)	3,896 ± 1,111	4,358 ± 0,796	10,6	0,48 (-0,34–0,75)	0,174
Unloading (% KGW/s)	3,398 ± 0,561	4,076 ± 1,170	16,6	-0,74 (-0,81–0,85)	0,375

Beim Vergleich der kinematischen Parameter des Schultergelenkwinkels der „Matching Pairs“ fanden sich keine signifikanten Differenzen zwischen den Gruppen 1 und 2 (Tabelle 38). Die Effektgrößen zeigten einen mittleren Effekt bzgl. des minimalen Gelenkwinkels. Bei Analyse aller Hunde fand sich hier ebenfalls ein mittlerer Effekt, jedoch waren die Verhältnisse der Werte der beiden Gruppen zueinander wie bei der Analyse aller Tiere (Tabelle 31). Der maximale Gelenkwinkel von Gruppe 1 war kleiner als der von Gruppe 2, der minimale Winkel größer, wodurch die ROM ebenfalls größer war (Abbildung 24). Die relative Differenz war am geringsten für die ROM und am höchsten beim minimalen Gelenkwinkel, was sich ebenfalls mit den Ergebnissen der Auswertung aller Tiere deckte. Insgesamt waren die absoluten Differenzen bei Auswertung aller Hunde größer als in der Matching Pair Analyse.

Tabelle 38: Ergebnisse der kinematischen Untersuchung des Schultergelenkwinkels der Matching Pairs: max. Winkel, min. Winkel und ROM im Vergleich der Patientengruppen.

Schultergelenk	Gruppe 1 MW ± SD (n=8)	Gruppe 2 MW ± SD (n=8)	Rel. Diff. (%)	Effektgröße (95 %-KI)	p-Wert
Maximaler Winkel (°)	18,6 ± 3,1	20,2 ± 5,2	7,9	-0,35 (-1,34–0,63)	0,256
Minimaler Winkel (°)	-13,8 ± 2,9	-11,8 ± 3,4	14,5	-0,60 (-1,60–0,40)	0,245
ROM (°)	32,4 ± 3,6	32,0 ± 7,6	1,2	0,06 (-0,92–1,04)	0,873

Die Ergebnisse der Parameter des Ellbogengelenkwinkels deckten sich nahezu mit den Werten der Matching Pair Analyse (Tabelle 32 und Tabelle 34, Abbildung 24). Es fanden sich keine signifikanten Differenzen zwischen den Werten den Matching Pairs der Gruppen 1 und 2. Dennoch spricht die Effektgröße des maximalen Ellbogengelenkwinkels für einen relevant niedrigeren Gelenkwinkel der Gruppe 1. Bei der Analyse aller Tiere fand sich hier ein signifikant niedrigerer maximaler Gelenkwinkel der Hunde, bei denen die Entfernung des FCP via Arthrotomie erfolgte im Vergleich zu den arthroskopierten Hunden, sodass bei Erhöhung der Patientenzahl der Matching Pair Analyse von der Entstehung einer Signifikanz ausgegangen werden kann. Bezüglich der ROM zeigte sich ein mittlerer Effekt im Sinne eines geringeren Bewegungsumfanges der Gruppe 1.

Tabelle 39: Ergebnisse der kinematischen Untersuchung des Ellbogengelenkwinkels der Matching Pairs: max. Winkel, min. Winkel, ROM und max. Winkel beim Abfüßen im Vergleich der Patientengruppen.

Ellbogengelenk	Gruppe 1 (MW ± SD) (n=8)	Gruppe 2 (MW ± SD) (n=8)	Rel. Diff. (%)	Effektgröße (95 %-KI)	p-Wert
Maximaler Winkel (°)	14,6 ± 2,9	17,7 ± 4,0	17,5	-0,84 (-1,86–0,18)	0,112
Minimaler Winkel (°)	-32,2 ± 3,6	-33,3 ± 3,7	3,3	0,30 (-0,68–1,29)	0,178
ROM (°)	46,8 ± 6,0	51,1 ± 7,5	8,4	-0,56 (-1,56–0,44)	0,670
Maximaler Winkel beim Abfüßen (°)	12,7 ± 4,0	17,2 ± 4,1	26,2	-0,23 (-1,21–0,76)	0,378

Keiner der Parameter des Karpalgelenks zeigte einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen 1 und 2 (Tabelle 40). Wie bereits bei der Analyse aller Hunde fand sich nur eine geringe Differenz zwischen den Gruppenmaxima, eine deutlich stärkere Beugung des Karpalgelenks bei Gruppe 1 und dadurch bedingt einen größeren ROM der Gruppe 1 (Tabelle 34 und Tabelle 40, Abbildung 24). Der minimale Karpalgelenkwinkel wies eine Effektgröße knapp unter der Relevanzgrenze und die ROM eine relevante Effektgröße auf, sodass Hinweise auf eine Entwicklung der Parameter hin zu den gefundenen Signifikanzen der Analyse aller Tiere existierten (Tabelle 35 und Tabelle 40).

Tabelle 40: Ergebnisse der kinematischen Untersuchung des Karpalgelenkwinkels der Matching Pairs: max. Winkel, min. Winkel und ROM im Vergleich der Patientengruppen.

Karpalgelenk	Gruppe 1 (MW ± SD) (n=8)	Gruppe 2 (MW ± SD) (n=8)	Rel. Diff. (%)	Effektgröße (95 %-KI)	p-Wert
Maximaler Winkel (°)	20,9 ± 3,2	18,5 ± 4,1	11,5	0,26 (-0,76-1,28)	0,290
Minimaler Winkel (°)	-61,7 ± 11,3	-51,4 ± 10,6	16,7	-0,67 (-1,71-0,37)	0,128
ROM (°)	82,6 ± 13,4	69,8 ± 14,5	15,5	0,83 (-0,23-1,88)	0,135

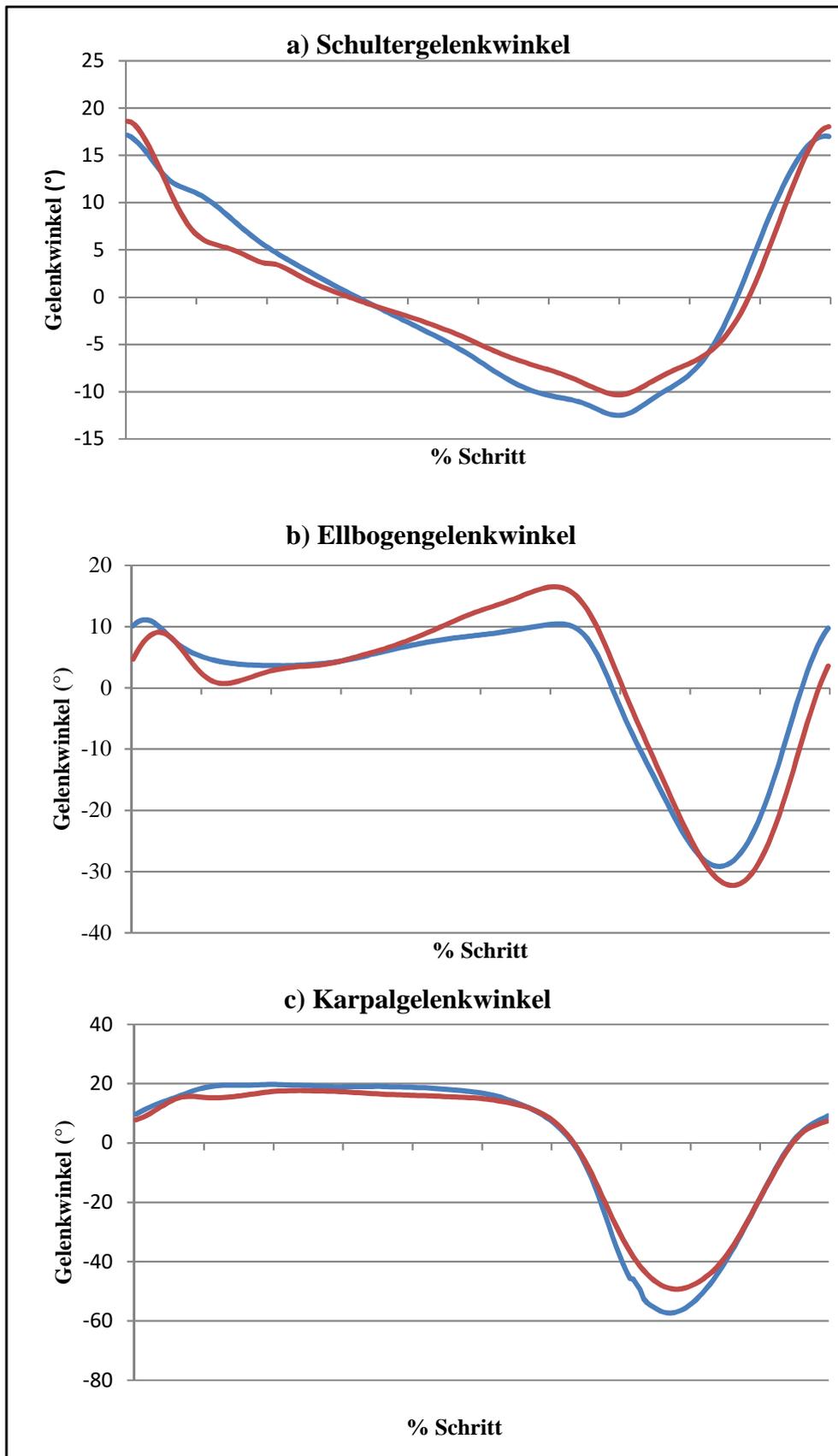


Abbildung 24: Verlauf des Schulter-, Ellbogen- und Karpalgelenkwinkel der Matching-Pair-Analyse: a) Schultergelenkwinkel, b) Ellbogengelenkwinkel, c) Karpalgelenkwinkel.

Die Auswertung der Schrittkurven und der damit verbundenen kinematischen Werte zeigte ebenfalls ein sehr ähnliches Bild wie die Gesamtgruppen. Hier wurde ebenfalls ein erhöhter Bewegungsumfang der Schulter bei den erkrankten Patientengruppen (Gruppe 1 und 2) festgestellt. Die Bewegung im Ellbogengelenk war in Gruppe 1 deutlich vermindert, was vor allem auf eine verminderte Streckung während der Standphase zurückzuführen war, sowie auf die wenig physiologische Abstoßungsbewegung am Ende der Standphase. Bei der Beurteilung des Karpalgelenk war auffällig, dass es bei der maximalen Beugung zu einer Annäherung der Gruppen kam. Die größte Beugung zeigte immer noch Gruppe 3, jedoch war der Unterschied zu den Gruppen 1 und 2 in der Matching Pair Analyse deutlich geringer als bei der Betrachtung der Gesamtgruppen.

V. DISKUSSION

Der fragmentierte Proc. coronoideus der Ulna ist eine multifaktorielle Erkrankung. Zu den die Ätiologie beeinflussenden Faktoren werden genetische, mechanische, metabolische und ernährungsphysiologische Einflüsse gezählt (BONATH & PRIEUR, 1998; BOULAY, 1998; FEHR & MEYER-LINDENBERG, 1992; FLÜCKIGER, 2005; GRONDALEN, 1995; KAPATKIN et al., 2003; KIRBERGER & FOURIE, 1998; LAU, 2015; MEYER-LINDENBERG et al., 2003b; NAP, 1995; SALG et al., 2006; SCHAWALDER et al., 2002; WIND, 1986; WIND, 1990; WOLSCHRIJN & WEIJS, 2005). Bereits in den ersten Arbeiten über das Thema der Ellbogengelenksdysplasie wurde eine chirurgische Entfernung des FPC empfohlen (GRONDALEN, 1979a). In den letzten 40 Jahren wurden verschiedene Methoden der Behandlung des FPC untersucht. Heute wird die arthroskopische Entfernung des FPC, aufgrund ihres minimalinvasiven Charakters, als Mittel der Wahl angesehen (FITZPATRICK & YEADON, 2009; MARIEE et al., 2014; MEYER-LINDENBERG et al., 2003a).

Die Mehrzahl der Autoren rät zu einer schnellen operativen Versorgung, um ein Voranschreiten der sekundär entstehenden Arthrose zu verhindern (BOULAY, 1998; HAZEWINDEL et al., 1998; JANTHUR et al., 2000; MEYER-LINDENBERG et al., 2003a; VAN RYSSSEN & VAN BREE, 1997). Neuere Artikel warten mit einem ganzen Behandlungsschema entsprechend des progressiven Charakters der Erkrankung und des Zugewinnes an Wissen, über die Belastungsbereiche im Ellbogengelenk auf. Hierbei wird immer auch zur Arthroskopie und infolgedessen, zur Erfassung der im Gelenk vorliegenden Pathologie, sowie zur Entfernung des FPC geraten. (FITZPATRICK & YEADON, 2009; MICHELSEN, 2013). Die Erkrankung des FPC wird heute nicht mehr einzeln, sondern die Gesamtheit der pathologischen Veränderungen betrachtet, um eine für das jeweilige Gelenk bestmögliche Behandlung zu gewährleisten, sowie weitere diagnostische und chirurgische Möglichkeiten auszunutzen, bevor umfangreichere und invasivere Operationstechniken infrage kommen (FITZPATRICK & YEADON, 2009; MICHELSEN, 2013). Da in der neueren Literatur zwar immer von einer arthroskopischen Versorgung ausgegangen wird, jedoch in der verfügbaren Literatur kein Vergleich der arthroskopischen sowie arthrotomischen Versorgung des FPC unter Zuhilfenahme

einer objektiven Kontrolle des sich post operationem entwickelnden Gangbildes zur Verfügung steht, wurde diese Studie angelegt.

Es war Ziel dieser Studie die Therapie des fragmentierten Proc. coronoideus medialis der Ulna mittels operativer Darstellung und Entfernung via Arthrotomie und dem minimalinvasiven Verfahren der Arthroskopie untereinander zu vergleichen. Die Ergebnisse sollten nicht nur mit der subjektiven orthopädischen Untersuchung durch den Tierarzt erfolgen, sondern zusätzlich auch mittels objektiver Ganganalyse.

In der Literatur werden verschiedenen Rassen mit einer unterschiedlich hohen Prävalenz angegeben, hierbei werden vor allem Retriever und deren Mischlinge besonders hervorgehoben. Aber auch die Rassen Berner Sennenhund, Deutscher Schäferhund, Neufundländer und Rottweiler werden häufig von einem FPC betroffen (FEHR & MEYER-LINDENBERG, 1992; FITZPATRICK et al., 2009b; GRONDALEN & LINGAAS, 1991; GUTHRIE, 1989; GUTHRIE & PIDDUCK, 1990; MEYER-LINDENBERG, 1991; OLSSON, 1983; PROBST et al., 1988; SCHAWALDER et al., 2002; WINHART, 1991). In dieser Studie konnte die erhöhte Prävalenz der Retriever nachvollzogen werden, da auch hier der Labrador Retriever die am häufigsten vorkommende Rasse war. Die große Varianz der Rassen entspricht dem Studienaufbau, bei dem ohne Vorselektion alle Patienten, die im entsprechenden Untersuchungszeitraum an der LMU operiert wurden und zu einem Kontrolltermin nach mindestens 6 Monaten erschienen sind, in die Studie gingen. Diese Varianz ist jedoch durchaus mit anderen Studien zu vergleichen, diese zeigen teilweise aufgrund ihrer größeren Patientenzahl auch eine höhere Anzahl unterschiedlicher Rassen (FITZPATRICK et al., 2009a; MEYER-LINDENBERG et al., 2003a). Die teilweise deutlichen Unterschiede in den einzelnen Studien in Bezug auf die jeweiligen untersuchten Rassen lässt vermutlich ein Rückschluss auf die entsprechende Hundepopulation der untersuchten Region zu (GRONDALEN, 1995).

In vielen Studien wird ein deutlich erhöhter Anteil an männlichen Patienten beschrieben, (FITZPATRICK et al., 2009a; GUTBROD & FESTL, 1999; GUTHRIE & PIDDUCK, 1990; MEYER-LINDENBERG et al., 2002a; OLSSON, 1983). Einige Autoren vermuten aufgrund des schnelleren Wachstums der männlichen Population einen Zusammenhang mit dem Auftreten des FPC und dem Geschlecht (BENNETT et al., 1981; BOUDRIEAU et al., 1983; WALDE &

TELLHELM, 1991). In dieser Studie konnte kein Hinweis einer Geschlechtsprädisposition nachvollzogen werden. Im Unterschied zu den vorgenannten Studien gingen annähernd gleich viele männliche und weibliche Tiere in die Untersuchung ein (24 weibliche und 20 männliche Hunde). Ähnliche Ergebnisse konnten jedoch ebenfalls bereits mehrfach beschrieben werden (BENNETT et al., 1981; DENNY & GIBBS, 1980; MASON et al., 1980).

In den meisten Studien wird das Alter der Patienten mit 5 – 12 Monaten angegeben, entsprechend der vermuteten wachstumsabhängigen Pathologie (BERZON & QUICK, 1980; HENRY, 1984; WIND, 1982). Die Patienten dieser Studien waren im Schnitt deutlich älter. Als Gründe hierfür können die erschwerte Diagnose des FPC (FEHR & MEYER-LINDENBERG, 1992; READ et al., 1990; TELLHELM, 2005), die intermittierende Lahmheit oder die Tatsache, dass die Patientenvorstellung in der Universitätsklinik erst an letzter Stelle der Behandlungsstrategie steht (SCHLEICH, 1997) angenommen werden. Des Weiteren ist es wie bei VERMOTE et al. (2010) und anderen Autoren bereits beschrieben, nicht ungewöhnlich Patienten mit höherem Alter vorgestellt zu bekommen (MEYER-LINDENBERG et al., 2002a). Als Grund für das Auftreten eines FPC in höherem Lebensalter wird zum einen vermutet, dass es zu einer Fraktur des Proc. coronoideus im Jungtieralter kam, dieser jedoch durch die Anhaftung am umliegenden Bandapparat stabilisiert wurde oder das es sich um ein akutes Trauma handelt (FLO, 1998; TAN et al., 2016).

Das primäre Symptom, dass zu einer Vorstellung eines Patienten mit Coronoiderkrankung führt, ist eine persistierende Lahmheit (FEHR & MEYER-LINDENBERG, 1992; OLSSON, 1983; WALDE & TELLHELM, 1991). In den bereits veröffentlichten Studien zur chirurgischen Entfernung des FPC wurde die prae operationem bestehende Lahmheit sowie das sich post operationem entwickelnde Gangbild als Indikator benutzt, um den Erfolg der Operation zu bewerten (FITZPATRICK et al., 2009a; MEYER-LINDENBERG et al., 2003a). Da es sich hierbei immer um eine subjektive Beurteilung des Gangbilds handelt, wurde in dieser Studie die computerisierte Gangbildanalyse hinzugezogen, um eine objektive Beurteilung zu erreichen.

Die Ergebnisse in der Literatur sind nur bedingt vergleichbar, da es in vielen Studien abweichende Bewertungskriterien sowie Bewertungsstufen gibt (EVANS et al., 2008; MEYER-LINDENBERG et al., 2003a; MICHELSEN, 2013; MORGAN et al., 2000b).

Im Allgemeinen werden in der Literatur Ergebnisse als gut oder exzellent beschrieben, bei denen keine Lahmheit mehr nachvollziehbar ist. Begriffe wie befriedigend werden mit intermittierender Lahmheit verbunden, die den normalen Lebensalltag des Patienten und dessen Aktivität nur ggr. beeinflussen und von unbefriedigend wird gesprochen, wenn die Aktivität deutlich negativ beeinflusst ist, sowie eine mgr. bis hgr. Lahmheit vorliegt (MEYER-LINDENBERG et al., 2003a; MICHELSEN, 2013).

In der Literatur werden „gute“ Ergebnisse nach arthrotomischer Versorgung des FPC bei ca. 30–60 % der Patienten erreicht und nach arthroskopischer Entfernung werden zwischen 60 und 90 % erzielt (FITZPATRICK et al., 2009a; GRONDALEN, 1979a; GUTBROD & FESTL, 1999; LANGHANN, 1999; MASON et al., 1980; MEYER-LINDENBERG et al., 2003a; READ et al., 1990; VAN BREE & VAN RYSSSEN, 1998). Im Rahmen dieser Studie konnten Ergebnisse von 65 % ohne Lahmheit nach Arthrotomie sowie 75 % nach Arthroskopie erzielt werden. Es erscheint, dass die Arthroskopie-Gruppe ein besseres Ergebnis erzielte, jedoch konnte im Vergleich zu einer anderen Studie kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (MEYER-LINDENBERG et al., 2003a). Ein Vergleich zu weiteren Autoren fällt an dieser Stelle schwer, da zum einen in dieser Studie nur eine begrenzte Zahl an Patienten zur Verfügung stand und zum anderen die verfügbare Literatur begrenzt ist. Die Studien von LANGHANN (1999) und IDEN (2007) zeigen jedoch ebenfalls eine Tendenz, die Vorteile bei einer arthroskopischen Versorgung sehen.

In der orthopädischen Untersuchung konnte in beiden Gruppen eine Verbesserung der Lahmheit zum Zeitpunkt der Langzeitkontrolle nachgewiesen werden. So verbesserte sich die Arthrotomie Gruppe im Mittel um 1,1 Grad und die Arthroskopie Gruppe um 1,3 Grad. Eine Verbesserung konnte bei 66,7 % der Patienten der Arthrotomie Gruppe und bei 87,5% der Patienten der Arthroskopie Gruppe festgestellt werden. Die in der Literatur verfügbaren Ergebnisse zeigen, dass nach arthrotomischer Versorgung eine Verbesserung der Lahmheit bei bis zu 79 % der Patienten erreicht wurden. Nach arthroskopischer Entfernung wurden

Ergebnisse von ca. 90 % erreicht (FITZPATRICK et al., 2009a; MEYER-LINDENBERG et al., 2003a).

Um daraus den Schluss eines generell positiven Behandlungserfolges durch eine Operation abzuleiten, muss man dies mit den Ergebnissen konservativer Behandlungen vergleichen. Hierbei konnten unterschiedliche Erfolge erzielt werden, so sind in älteren Artikeln mitunter deutliche Erfolge der chirurgischen Versorgung im Vergleich zur konservativen Therapie erzielt worden (BOUCK et al., 1995). In der Studie von BURTON et al. (2011) konnte unter Zuhilfenahme einer Gangbildanalyse, keine signifikanten Unterschiede zwischen einer konservativen Behandlung und einer arthroskopischen Versorgung festgestellt werden.

Vorteil der Arthroskopie ist häufig die deutliche Verbesserung bereits in den ersten Tagen post operationem. Hierbei konnten die Ergebnisse von BUBENIK et al. (2002) nachvollzogen werden, die eine Gangbildanalyse in den ersten 30 Tagen nach Arthrotomie bzw. Arthroskopie des Ellbogengelenks durchführten, dass sich das klinische Bild nach einer Arthroskopie bereits in den ersten Tagen wahrnehmbar verbesserte.

Um ein Fortschreiten der Arthrose zu verhindern, wird von vielen Autoren zu einer schnellstmöglichen operativen Versorgung des betroffenen Gelenks geraten (BENNETT et al., 1981; GRONDALEN, 1979a; HAZEWINKEL et al., 1998; OLSSON, 1983; THEYSE et al., 2000). Dies kann auch durch die Ergebnisse dieser Studie nachvollzogen werden. Die Untersuchung des präoperativen Arthrosegrades zeigte eine deutliche Korrelation zum Alter der Patienten. Dies lässt die Vermutung zu, dass die Erkrankung bereits länger bestand und sich die arthrotischen Veränderungen entwickeln konnten.

Die Patienten der Arthroskopie-Gruppe zeigten ein geringere Arthroseprogression, was für die Untersuchung mit dem modifizierten IEWG-Schema statistisch signifikant war. Bei beiden Patientengruppen war eine signifikante Progression der Arthrose nachvollziehbar, sowohl in der Untersuchung mit dem modifizierten IEWG-Schema als auch mit dem selbst entwickelten Punkteschema. Diese Entwicklung, unabhängig von der Operationsmethode, wurde bereits von mehreren Autoren bestätigt (BENNETT et al., 1981; FITZPATRICK et al., 2009a; GRONDALEN, 1979a; MEYER-

LINDENBERG et al., 2003a; PROBST et al., 1988; READ et al., 1990; VAN BREE & VAN RYSSSEN, 1998).

Die häufig diskutierte Grundursache einer vorliegenden Gelenkinkongruenz konnte in dieser Studie aufgrund der geringen Patientenzahl, bei denen eine Gelenkinkongruenz nachvollzogen werden konnte, nicht bestätigt werden (SAMOY et al., 2006). Möglicherweise ist hierfür die Festlegung verantwortlich, dass eine Gelenkinkongruenz ab mindestens 2 mm als positiv gewertet wurde (COOK & COOK, 2009). Die These, dass es sich bei der Ellbogengelenksinkongruenz um einen dynamischen Prozess handelt (BÖTTCHER et al., 2012), der sich infolge des Wachstums verändert und zu einem kongruenten Gelenk zum Zeitpunkt der Vorstellung führt, wäre bei den in dieser Studie erhaltenen Daten eher nachvollziehbar.

Bei Betrachtung des Gangbildes eines orthopädisch erkrankten Hundes muss von kompensatorischen Veränderungen der Bewegung und Belastung der nicht betroffenen Gliedmaßen ausgegangen werden (ABDELHADI et al., 2013). Deshalb wurde im Rahmen dieser Studie nicht das kontralaterale Vorderbein, sondern eine Gruppe gesunder Labrador Retriever für den Vergleich herangezogen. Da die untersuchten Gruppen erkrankter Hunde zu einem großen Teil aus Retrievern und deren Mischlingen bestanden, ist dieses Vorgehen möglich. Eine Kontrollgruppe, die sich aus Hunden der gleichen Rassen, wie die erkrankten Patientengruppen zusammensetzen, ließe sich zudem nur sehr schwer umsetzen. Darüber hinaus dient die Kontrollgruppe als Referenz zur Beurteilung der Entwicklung der beiden operierten Patientengruppen, wodurch für beide Gruppen die identische Kontrollgruppe verwendet werden musste.

Um das Ziel dieser Studie, einen objektiven Vergleich zwischen zwei Operationsmethoden zu erreichen, wurde eine ganganalytische Untersuchung durchgeführt. Diese ermöglichte eine zuverlässige, objektive und reproduzierbare Kontrolle der erhobenen klinischen Daten (BURTON et al., 2009). Zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung waren 13 Patienten (65%) der Arthrotomie Gruppe lahmheitsfrei, von den 7 weiterhin lahmen Patienten waren 4 Patienten (20%) weiterhin auf der operierten Gliedmaße lahm und bei 3 Patienten (15%) konnte eine Lahmheit auf der kontralateralen, nicht operierten Gliedmaße festgestellt werden. Bei den Patienten der Arthroskopie Gruppe waren 21 Patienten (87,5%) lahmheitsfrei, 2 Patienten (8,3%) waren weiterhin auf der operierten Gliedmaße

lahm und bei einem Patienten (4,2%) konnte eine Lahmheit auf der kontralateralen Gliedmaße festgestellt werden. Betrachtet man bei den erhobenen kinetischen Daten die reinen Spitzenkräfte, so zeigten die arthroskopierten Patienten eine geringgradig stärkere Belastung im Vergleich zu den Hunden nach Arthrotomie, diese war jedoch weder statistisch signifikant noch erreichte sie den Grad einer klinischen Relevanz. Diese erhobenen kinetischen Daten ähneln den Ergebnissen anderer Autoren (GALINDO-ZAMORA et al., 2014) und spiegeln keine Unterschiede zwischen den Gruppen wieder. Betrachtet man jedoch weitere Parameter, die die Gliedmaßenbelastung widerspiegeln, so zeigt sich eine physiologischere Belastung der arthroskopierten Hunde, was die Rate der Be- und Entlastung der Gliedmaße betrifft. Jedoch finden sich für beide Gruppen Unterschiede zu den gesunden Hunden. Bei Betrachtung der kinematischen Daten zeigt sich ein physiologischerer Bewegungsablauf der arthroskopierten Patienten. Die Patienten, die mittels einer Arthrotomie behandelt wurden zeigten im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe einen vergrößerten Bewegungsumfang im Schultergelenk. Der vergrößerte Bewegungsumfang des Schultergelenks stellt dabei die Kompensation einer Bewegungseinschränkung des Ellbogengelenks dar. Die Patientengruppe nach Arthrotomie wies einen signifikant geringeren Bewegungsumfang im Ellbogengelenk auf als die Patientengruppe nach Arthroskopie. Dabei findet sich eine signifikante Verringerung der Extension des Ellbogengelenks für die Patienten nach Arthrotomie, was die Entstehung der Bewegungseinschränkung des Ellbogengelenks durch Verringerung der Extension bestätigt.

Da bis heute keine Studie die Entwicklung nach chirurgischer Versorgung mittels Arthrotomie und Arthroskopie unter Zuhilfenahme der Gangbildanalyse incl. einer Langzeitkontrolle untersuchte, ist ein Vergleich nur schwer möglich. Es gibt mehrere Studien, die den Vergleich zwischen konservativer Versorgung und Arthrotomie oder Arthroskopie untersuchen und dies mit einer Gangbildanalyse bewerten (BOUCK et al., 1995; BURTON et al., 2011; HUIBREGTSE et al., 1994). Hierbei konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen nachgewiesen werden.

Aufgrund des Unterschieds im Kontrollzeitraum zwischen Operation und Kontrolluntersuchung der beiden untersuchten Patientengruppen wurde eine Matched Pair Analyse durchgeführt. Die Ergebnisse der Matched Pair Analyse

unterstützten die Ergebnisse der Gangbildanalyse der Gesamtgruppen, ohne eine statistische Signifikanz zu erreichen. Unterschiede in der Progression der Arthrose konnten zwischen den Gruppen der Matched Pair Analyse nicht nachgewiesen werden, die statistisch nachgewiesenen Veränderungen der Gesamtgruppen scheinen durch das signifikant längere Intervall zwischen Operation und Kontrolluntersuchung bedingt zu sein.

Wie bereits in weiteren Studien veröffentlicht, wurde auch in dieser Studie eine Diskrepanz zwischen der klinischen Untersuchung der Lahmheit und der objektiven Untersuchung mittels Gangbildanalyse festgestellt. Für zukünftige Studien wird das Einbeziehen einer objektiven Gangbildanalyse aufgrund dieser Ergebnisse als Mittel der Wahl gesehen (BURTON et al., 2008; WAXMAN et al., 2008).

Ziel dieser Studie war es, die langfristige Entwicklung der Patienten nach chirurgischer Behandlung eines FPC aufzuzeigen. Betrachtet man die Ergebnisse der orthopädischen Untersuchung sowie der Ganganalyse, so zeigt sich eine Tendenz, dass die Gruppe der Patienten die mittels einer Arthroskopie behandelt wurden, in vielen Bereichen besser abgeschnitten haben. Dies ist jedoch mit den vorhandenen Daten statistisch nicht zu beweisen.

Die Entwicklung der Gelenksarthrose zeigte eine für den Patienten nachteilige zunehmende Entwicklung in beiden Patientengruppen.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Diese Studie wurde angefertigt, um einen objektiven Vergleich zwischen einer Arthrotomie sowie arthroskopischen Behandlung des FPC, unter Betrachtung einer Langzeitkontrolle zu ermöglichen. Es wurden 20 Hunde nach arthrotomischer und 24 Hunde nach arthroskopischer Entfernung des FPC klinisch, radiologisch und mit Hilfe der computerisierten Ganganalyse untersucht. Bei allen Patienten, die in diese Studie aufgenommen wurden, erfolgte eine Kontrolluntersuchung. Das Kontrollintervall nach einer Operation wurde mit mindestens sechs Monaten festgelegt.

Bei der klinischen Untersuchung zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung zeigten bei den Patienten nach Arthrotomie 13 (65%) keine Lahmheit, 4 (20%) eine geringgradige Lahmheit und 3 (15%) eine deutlich geringgradige Lahmheit. 18 (75%) der Patienten nach arthroskopischer Behandlung zeigten keine Lahmheit zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung, 4 (16,7%) zeigten eine geringgradige Lahmheit, 1 (4,2%) eine deutlich geringgradige Lahmheit und 1 (4,2%) zeigte eine mittelgradige Lahmheit. Betrachtet man die Veränderung des Lahmheitsgrades der Tiere zwischen der präoperativen und der postoperativen Untersuchung ergibt sich folgendes Bild: Insgesamt verbesserte sich die Lahmheit der durch Arthrotomie versorgten Patienten um durchschnittlich 1,1 (\pm 1,1) Grade und die der arthroskopisch versorgten Patienten im Mittel um 1,3 (\pm 1,2) Grade. Bei 16 Hunden (66,7 %) nach Arthrotomie und bei 21 Hunden (87,5 %) nach Arthroskopie trat eine Verbesserung ein.

Im Rahmen der ganganalytischen Untersuchung zeigten zum Zeitpunkt der Langzeitkontrolle 13 Patienten (65%) nach Arthrotomie keine Lahmheit, 7 (35%) Patienten zeigten eine Lahmheit. Bei den Patienten, die arthroskopisch behandelt wurden waren 21 (87,5%) Patienten lahmheitsfrei und 3 (12,5%) Patienten zeigten weiterhin eine Lahmheit. Bei Betrachtung der kinetischen Parameter zeigten die Patienten nach Arthroskopie eine größere Ähnlichkeit zum Gangbild der gesunden Vergleichsgruppe (n=21) als die Patienten nach Arthrotomie. Ebenso konnte bei der kinematischen Datenanalyse festgestellt werden, dass für die Patienten nach Arthroskopie bei den meisten erhobenen Parametern ein physiologischeres Gangbild erfasst werden konnte. Dabei konnte vor allem für die

Patientengruppe nach Arthroskopie, im Vergleich zur Patientengruppe nach Arthrotomie, eine signifikant größere ROM des Ellbogengelenks nachgewiesen werden.

Röntgenologisch konnte mit zwei unterschiedlichen Beurteilungsverfahren eine Progression der arthrotischen Veränderung festgestellt werden.

Aufgrund des unterschiedlichen Zeitintervalls bei der Kontrolluntersuchung zwischen den beiden Patientengruppen wurde eine Matchingpair Analyse durchgeführt. Diese unterstützt die Ergebnisse der Gesamtgruppen im Rahmen der Ganganalyse. Für die Arthroseentwicklung konnte kein Unterschied zwischen den Patientengruppen nachvollzogen werden.

Zusammenfassend kann unter Berücksichtigung der verwendeten Untersuchungsverfahren festgestellt werden, dass die Patienten, die eine arthroskopische Behandlung erfahren haben, in den meisten Punkten ein besseres klinisches und ganganalytisches Ergebnis erzielten, welches jedoch keine statistische Signifikanz erreichte.

VII. SUMMARY

This study was designed to provide an objective comparison between arthrotomic and arthroscopic treatment of the FPC, considering long-term follow-up. 20 dogs after arthrotomy and 24 dogs after arthroscopic removal of the FCP were examined clinically, radiologically and with the help of a computerized gait analysis. All patients included in this study had a follow-up examination. The control interval after surgery was set at a minimum of six months.

On clinical examination at the time of follow-up, 13 (65%) of the patients after arthrotomy showed no lameness, 4 (20%) showed low-grade lameness and 3 (15%) showed marked low-grade lameness. 18 (75%) of the patients after arthroscopic treatment showed no lameness at the time of follow-up, 4 (16.7%) showed low-grade lameness, 1 (4.2%) showed marked low-grade lameness and 1 (4.2%) showed moderate-grade lameness. Looking at the change in the lameness level of the animals between the preoperative and postoperative examination, the following picture emerges: Overall, the lameness of the patients treated with arthrotomy improved by an average of 1.1 (\pm 1.1) degrees as compared to the patients treated with arthroscopy which improved by an average of 1.3 (\pm 1.2) degrees. Improvement occurred in 16 dogs (66.7%) after arthrotomy and in 21 dogs (87.5%) after arthroscopy.

On gait analysis, at the time of long-term follow-up, 13 patients (65%) showed no lameness after arthrotomy and 7 (35%) patients showed lameness. In patients treated arthroscopically, 21 (87.5%) patients showed no signs of lameness, 3 (12.5%) patients continued to show lameness. When considering the kinetic parameters, the patients after arthroscopy showed a greater similarity to the gait pattern of the healthy comparison group (n=21) than the patients after arthrotomy. The kinematic data analysis also showed that the patients after arthroscopy had a more physiological gait pattern for most of the parameters recorded. In particular, a significantly greater ROM of the elbow joint could be demonstrated for the patient group after arthroscopy compared to the patient group after arthrotomy.

Radiologically, a progression of the arthritic change could be determined with two different assessment methods.

Due to the different time interval at the control examination between the two

patient groups, a matching pair analysis was performed. This supports the results of the overall groups in the gait analysis. No difference in the development of arthrosis between the patient groups could be detected.

In summary, taking into account the examination procedures used, it was determined that the patients who underwent arthroscopic treatment achieved a better clinical and gait analysis result on most points, without reaching statistical significance.

VIII. LITERATURVERZEICHNIS

Abdelhadi J, Wefstaedt P, Galindo-Zamora V, Anders A, Nolte I, Schilling N. (2013): Load redistribution in walking and trotting Beagles with induced forelimb lameness. *Am J Vet Res*; 74: 34-9.

Arthurs G. (2011a): Orthopaedic examination of the dog 1. Thoracic limb. In *Practice*; 33: 126-33.

Arthurs G. (2011b): Orthopaedic examination of the dog 2. Pelvic limb In *Practice*; 33: 172-9.

Bardet J (2004): How I manage elbow incongruity. Proceedings of the 12th Annual ESVOT Congress, Munich, Germany

Bardet JF. (1997): Arthroscopy of the Elbow in Dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol*; 10: 1-5.

Bartke S (2011): Knochenmarksveränderungen im MRT bei degenerativen Ellbogenerkrankungen des Hundes. Diss. med. vet. LMU München

Baum H, Zietschmann O, Ellenberger W (1936): Das Skelettsystem: Der passive Bewegungsapparat, 2 edn. Parey, Berlin. 231-9

Beale B, Hulse DA, Doval JH, Schulz KS, Whitney WO (2003): *Small Animal Arthroscopy*. Saunders

Bennett D, Duff SR, Kene RO, Lee R. (1981): Osteochondritis dissecans and fragmentation of the coronoid process in the elbow joint of the dog. *Vet Rec*; 109: 329-36.

Berzon J, Quick C. (1980): Fragmented coronoid process: anatomical, clinical, and radiographic considerations with case analysis. *J Am Anim Hosp Assoc*; 16: 241-51.

Bienz HA (1985): Klinische und radiologische Untersuchungen über den fragmentierten Processus coronoideus medialis im Ellbogengelenk des Berner Sennenhundes und der anderen Sennenhunde-Rassen. Diss. med. vet. Universität Zürich. Vetsuisse Fakultät, Zürich, Schweiz

Bockstahler BA, Henninger W, Muller M, Mayrhofer E, Peham C, Podbregar I. (2007): Influence of borderline hip dysplasia on joint kinematics of clinically sound Belgian Shepherd dogs. *Am J Vet Res*; 68: 271-6.

Bockstahler BA, Vobornik A, Muller M, Peham C. (2009): 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*; 180: 202-12.

Bonath K, Prieur W (1998): Kleintierkrankheiten Band 3 Orthopädische Chirurgie und Traumatologie. Verlag Eugen Ulmer. Ellbogengelenkdysplasie 394-402

Boroffka SA, Kirberger RM (2015) Dog Positioning for Radiology of the Elbow. 29th annual meeting of the International Elbow Working Group May 17th 2015. Bangkok, Thailand

Böttcher P, Eljak H, Werner H (2012) Radio-ulnar incongruence in elbows with FCP but no other cartilage pathologies. 21st Annual Scientific Meeting ECVS. Barcelona. 71

Bouck G, Miller C, Taves C. (1995): Comparison of surgical and medical treatments of fragmented coronoid process and osteochondritis dissecans of the canine elbow. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*; 8: 177-83.

Boudrieau R, Hohn R, Bardet J. (1983): Osteochondritis dissecans of the elbow in the dog. *J Am Anim Hosp Assoc*; 19: 627-35.

Boulay JP. (1998): Fragmented medial coronoid process of the ulna in the dog. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*; 28: 51-74.

Breit S, Kunzel W, Seiler S. (2004): Variation in the ossification process of the anconeal and medial coronoid processes of the canine ulna. *Res Vet Sci*; 77: 9-16.

Brunnberg L, Waibl H (1986) Osteochondrosis dissecans der Trochlea humeri und/oder Fraktur des Processus coronoideus medialis ulnae beim Hund. 32. Jahrestagung der Fachgruppe Kleintierkrankheiten der DVG Oldenburg. Oldenburg. 310-4

Brunnberg L, Waibl H, Lehmann J (2014): Lahmheit beim Hund. *Procane Claudio Brunnberg, Kleinmachnow IX*, 518 S.

Bubenik LJ, Johnson SA, Smith MM, Howard RD, Broadstone RV. (2002): Evaluation of lameness associated with arthroscopy and arthrotomy of the normal canine cubital joint. *Vet Surg*; 31: 23-31.

Budras K-D (2007): Atlas der Anatomie des Hundes: Lehrbuch für Tierärzte und Studierende, 8 edn. Schlütersche Verlagsgesellschaft, Hannover

Budsberg SC, Verstraete MC, Soutas-Little RW. (1987): Force plate analysis of the walking gait in healthy dogs. *Am J Vet Res*; 48: 915-8.

Budsberg SC, Jevens DJ, Brown J, Foutz TL, DeCamp CE, Reece L. (1993): Evaluation of limb symmetry indices, using ground reaction forces in healthy dogs. *Am J Vet Res*; 54: 1569-74.

Budsberg SC, Verstraete MC, Brown J, Reece L. (1995): Vertical loading rates in clinically normal dogs at a trot. *Am J Vet Res*; 56: 1275-80.

Burton NJ, Dobney JA, Owen MR, Colborne GR. (2008): Joint angle, moment and power compensations in dogs with fragmented medial coronoid process. *Vet Comp Orthop Traumatol*; 21: 110-8.

Burton NJ, Owen MR, Colborne GR, Toscano MJ. (2009): Can owners and clinicians assess outcome in dogs with fragmented medial coronoid process? *Vet Comp Orthop Traumatol*; 22: 183-9.

Burton NJ, Owen MR, Kirk LS, Toscano MJ, Colborne GR. (2011): Conservative versus arthroscopic management for medial coronoid process disease in dogs: a prospective gait evaluation. *Vet Surg*; 40: 972-80.

Carlson WD, Severin GA. (1961): Elbow dysplasia in the dog. A preliminary report. *J Am Vet Med Assoc*; 138: 295-7.

Carpenter LG, Schwarz PD, Lowry JE, Park RD, Steyn PF. (1993): Comparison of radiologic imaging techniques for diagnosis of fragmented medial coronoid process of the cubital joint in dogs. *J Am Vet Med Assoc*; 203: 78-83.

Coe R. (2000): What is an 'effect size'? A guide for users. Retrieved December; 6: 2005.

Coe R (2014): Effect-Size-Calculators, <https://www.cem.org/effect-size-calculator>

Cohen MS, Bruno RJ. (2001): The collateral ligaments of the elbow: anatomy and clinical correlation. *Clin Orthop Relat Res*: 123-30.

Colborne GR, Lanovaz JL, Sprigings EJ, Schamhardt HC, Clayton HM. (1997): Joint moments and power in equine gait: a preliminary study. *Equine Vet J Suppl*: 33-6.

Cook CR, Cook JL. (2009): Diagnostic imaging of canine elbow dysplasia: a review. *Vet Surg*; 38: 144-53.

Coopman F, Verhoeven G, Saunders J, Duchateau L, van Bree H. (2008): Prevalence of hip dysplasia, elbow dysplasia and humeral head osteochondrosis in dog breeds in Belgium. *Vet Rec*; 163: 654-8.

Corley EA, Sutherland TM, Carlson WD. (1968): Genetic aspects of canine elbow dysplasia. *J Am Vet Med Assoc*; 153: 543-7.

Dalin G, Drevemo S, Fredricson I, Jonsson K, Nilsson G. (1973): Ergonomic aspects of locomotor asymmetry in standardbred horses trotting through turns. An investigation with special reference to the fetlock joint, using high-speed cinematography and thermography. *Acta Vet Scand Suppl*; 44: 111-39.

Dalin G, Jeffcott LB. (1985): Locomotion and gait analysis. *Vet Clin North Am Equine Pract*; 1: 549-72.

Dämmrich K. (1991): Relationship between nutrition and bone growth in large and giant dogs. *J Nutr*; 121: S114-21.

Danielson KC, Fitzpatrick N, Muir P, Manley PA. (2006): Histomorphometry of fragmented medial coronoid process in dogs: a comparison of affected and normal coronoid processes. *Vet Surg*; 35: 501-9.

DeCamp CE, Soutas-Little RW, Hauptman J, Olivier B, Braden T, Walton A. (1993): Kinematic gait analysis of the trot in healthy greyhounds. *Am J Vet Res*; 54: 627-34.

DeCamp CE. (1997): Kinetic and kinematic gait analysis and the assessment of lameness in the dog. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*; 27: 825-40.

DeLahunta A, Habel RE (1986): Chapter 8: Withers, shoulder and arm. *Applied veterinary anatomy*. Eds DeLahunta A, Habel RE. Saunders, Philadelphia. 75-89

Denny HR, Gibbs C. (1980): The surgical treatment of osteochondritis dissecans and ununited coronoid process in the canine elbow joint. *Journal of Small Animal Practice*; 21: 323-31.

Denny HR. (1980): Die chirurgische Behandlung der Osteochondrosis dissecans und des losen Processus coronoideus ulnae im Ellbogengelenk des Hundes. *Kleintierpraxis*; 25: 343-8.

Draffan D, Carrera I, Carmichael S, Heller J, Hammond G. (2009): Radiographic analysis of trochlear notch sclerosis in the diagnosis of osteoarthritis secondary to medial coronoid disease. *Vet Comp Orthop Traumatol*; 22: 7-15.

Drevemo S, Dalin G, Fredricson I, Hjerten G. (1980): Equine locomotion; 1. The analysis of linear and temporal stride characteristics of trotting standardbreds. *Equine Vet J*; 12: 60-5.

Dyce KM, Sack FU, Wensing CJ (1991): *Anatomie der Säugetiere*. Enke, Stuttgart. 11-24, 488-98

Eckstein F, Lohe F, Schulte E, Muller-Gerbl M, Milz S, Putz R. (1993): Physiological incongruity of the humero-ulnar joint: a functional principle of optimized stress distribution acting upon articulating surfaces? *Anat Embryol (Berl)*; 188: 449-55.

Evans H, Lahunta A (2013a): *Millers Anatomy of the Dog- Arthrology*, 4 edn. Elsevier Saunders, St. Louis. 158-84

Evans H, Lahunta A (2013b): *Miller's Anatomy of the Dog- The Skeleton*, 4 edn. Elsevier Saunders, St. Louis. 80-157

Evans HE (1993): *Miller's Anatomy of the Dog - Arthrology*, 3 edn. Ed Evans HE. Saunders, Philadelphia. 219-57

Evans RB, Gordon-Evans WJ, Conzemius MG. (2008): 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*; 21: 106-9.

Fehr M, Meyer-Lindenberg A. (1992): Über die Ellbogenerkrankungen beim Hund. *Kleintierpraxis*; 37: 427-38.

Fitzpatrick N, Smith TJ, Evans RB, O'Riordan J, Yeadon R. (2009a): Subtotal coronoid ostectomy for treatment of medial coronoid disease in 263 dogs. *Vet Surg*; 38: 233-45.

Fitzpatrick N, Smith TJ, Evans RB, Yeadon R. (2009b): Radiographic and arthroscopic findings in the elbow joints of 263 dogs with medial coronoid disease. *Vet Surg*; 38: 213-23.

Fitzpatrick N, Yeadon R. (2009): Working algorithm for treatment decision making for developmental disease of the medial compartment of the elbow in dogs. *Vet Surg*; 38: 285-300.

Flo GL. (1998): Surgical removal of fragmented coronoid processes and fractured anconeal process in an older dog with evidence of severe degenerative joint disease. *J Am Vet Med Assoc*; 213: 1780-2, 54.

Flückiger M. (2005): Ellbogendysplasie ist erblich. *Vet Impulse*; 14: 4.

Fox S, Bloomberg M, Bright R. (1983): Developmental anomalies of the canine elbow. *J Am Anim Hosp Assoc*; 19: 605-15.

Frewein J (1994): Anatomie von Hund und Katze - Muskulatur. Blackwell Wissenschafts- Verlag, Berlin. 77-129

Galindo-Zamora V, Dziallas P, Wolf DC, Kramer S, Abdelhadi J, Lucas K, Nolte I, Wefstaedt P. (2014): Evaluation of thoracic limb loads, elbow movement, and morphology in dogs before and after arthroscopic management of unilateral medial coronoid process disease. *Vet Surg*; 43: 819-28.

Gielen I, Van Bree H (2014) Other imaging techniques and their added value to diagnose Elbow Dysplasia. 28th annual meeting of the International Elbow Working Group September 17th 2014. Cape Town, SA. 21-3

Gillette RL, Zebas CJ. (1999): A two-dimensional analysis of limb symmetry in the trot of Labrador retrievers. *J Am Anim Hosp Assoc*; 35: 515-20.

Gillette RL, Angle TC. (2008): Recent developments in canine locomotor analysis: a review. *Vet J*; 178: 165-76.

Goring R, Bloomberg M. (1983): Selected developmental abnormalities of the canine elbow: radiographic evaluation and surgical management. *Compendium on Continuing Education for the Practising Veterinarian* 19; 5: 178-88.

Grondalen J. (1979a): Arthrosis in the elbow joint of young rapidly growing dogs. III. Ununited medial coronoid process of the ulna and osteochondritis dissecans of the humeral condyle. Surgical procedure for correction and postoperative investigation. *Nord Vet Med*; 31: 520-7.

Grondalen J. (1979b): Arthrosis with special reference to the elbow joint of young rapidly growing dogs. II. Occurrence, clinical and radiographical findings. *Nord Vet Med*; 31: 69-75.

Grondalen J. (1979c): Arthrosis with special reference to the elbow joint of young rapidly growing dogs. I A review of the literature. *Nord Vet Med*; 31: 62-8.

Grondalen J, Grondalen T. (1981): Arthrosis in the elbow joint of young rapidly growing dogs. V. A pathoanatomical investigation. *Nord Vet Med*; 33: 1-16.

Grondalen J. (1982a): Arthrosis in the elbow joint of young rapidly growing dogs. VI. Interrelation between clinical, radiographical and pathoanatomical findings. Nord Vet Med; 34: 65-75.

Grondalen J. (1982b): Arthrosis in the elbow joint of young rapidly growing dogs. VII. Occurrence in the Rottweiler breed. Nord Vet Med; 34: 76-82.

Grondalen J, Lingaas F. (1991): Arthrosis in the elbow joint of young rapidly growing dogs: a genetic investigation. Journal of Small Animal Practice; 32: 460-4.

Grondalen J (1995) Occurrence and genetic aspects of elbow dysplasia. Annual Meeting International Elbow Working Group. Constance (Germany). 12-7

Gutbrod F, Festl D. (1999): Operative Therapie der Fraktur des Processus coronoideus medialis ulnae und klinische Ergebnisse. Kleintier-Prax.; 44: 405-20.

Guthrie S. (1989): Use of a radiographic scoring technique for the assessment of dogs with elbow osteochondrosis. Journal of Small Animal Practice; 30: 639-44.

Guthrie S, Pidduck H. (1990): Heritability of elbow osteochondrosis within a closed population of dogs. Journal of Small Animal Practice; 31: 93-6.

Guthrie S, Plummer JM, Vaughan LC. (1992): Post natal development of the canine elbow joint: a light and electron microscopical study. Research in Veterinary Science; 52: 67-71.

Hare WC. (1961): The ages at which the centers of ossification appear roentgenographically in the limb bones of the dog. Am J Vet Res; 22: 825-35.

Hatze H. (1974): Letter: The meaning of the term "biomechanics". J Biomech; 7: 189-90.

Hazewinkel H (2015): Elbow dysplasia: introduction, clinical investigation and force plate evaluation. Proceedings of the 29th annual meeting of the International Elbow Working Group May 17th 2015, Bangkok, Thailand. 6-10

Hazewinkel HA, Goedegebuure S, Poulos P, Wolvekamp W. (1985): Influences of chronic calcium excess on the skeletal development of growing Great Danes. *J Am Anim Hosp Assoc*; 21: 377-91.

Hazewinkel HA, Meij BP, Theyse LF. (1998): Surgical treatment of elbow dysplasia. *Vet Q*; 20 Suppl 1: S29-31.

Hazewinkel HA (2002) The clinical diagnosis of elbow dysplasia. Proceedings 13th Annual Meeting IEWG. Granada

Hazewinkel HA (2018): Prevalence of elbow dysplasia, and pathogenesis of FCP in young Labradors. Proceedings of the 32nd annual meeting of the International Elbow Working Group, Barcelona Spain. 5-11

Hedhammer A, Wu F, Krook L. (1974): Overnutrition and skeletal disease: an experimental study in growing Great Dane dogs. *Cornell Veterinarian*: 11-160.

Heng HG (2015) Radiograph for FCP, OCD, UAP and Elbow Incongruity, Additional Value of Extra Views or Other Imaging Modalities. 29th annual meeting of the International Elbow Working Group May 17th 2015. Bangkok, Thailand

Henry WB, Jr. (1984): Radiographic diagnosis and surgical management of fragmented medial coronoid process in dogs. *J Am Vet Med Assoc*; 184: 799-805.

Herzog W, Nigg BM, Read LJ, Olsson E. (1989): Asymmetries in ground reaction force patterns in normal human gait. *Med Sci Sports Exerc*; 21: 110-4.

Hofmann D (2002): Ganganalytisches Profil verschiedener Gelenkerkrankungen beim Hund : Kreuzbandruptur, Hüftdysplasie, fragmentierter Processus coronoideus, isolierter Processus anconaeus. Diss. med. vet., LMU München.

Holsworth I (2004) How I manage elbow incongruity. Proceedings of the 12th ESVOT Congress. Munich, Germany. 268

Holsworth IG, Wisner ER, Scherrer WE, Filipowicz D, Kass PH, Pooya H, Larson RF, Schulz KS. (2005): Accuracy of computerized tomographic evaluation of canine radio-ulnar incongruence in vitro. *Vet Surg*; 34: 108-13.

Hottinger HA, DeCamp CE, Olivier NB, Hauptman JG, Soutas-Little RW. (1996): Noninvasive kinematic analysis of the walk in healthy large-breed dogs. *Am J Vet Res*; 57: 381-8.

Huibregtse B, Johnson A, Muhlbauer M, Pijanowski GJ. (1994): The effect of treatment of fragmented coronoid process on the development of osteoarthritis of the elbow. *J Am Anim Hosp Assoc*; 30: 190-5.

Hutton WC, Freeman MA, Swanson SA. (1969): The forces exerted by the pads of the walking dog. *J Small Anim Pract*; 10: 71-7.

Iden K (2007): Zur Behandlung des fragmentierten Processus coronoideus medialis der Ulna beim Hund: Vergleich der Ergebnisse von verschiedenen arthroskopischen Operationstechniken. Diss. med. vet., Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover

Imatani J, Ogura T, Morito Y, Hashizume H, Inoue H. (1999): Anatomic and histologic studies of lateral collateral ligament complex of the elbow joint. *J Shoulder Elbow Surg*; 8: 625-7.

Janthur I, Meyer-Lindenberg A, Fehr M. (2000): Arthroskopische Diagnostik von Ellbogengelenkerkrankungen des Hundes. *Tierärztl. Prax.*; 28: 11-8.

Janutta V, Hamann H, Klein S, Tellhelm B, Distl O. (2005): Genetic evaluation of elbow angles as predictors of elbow dysplasia in German shepherd dogs. *J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med*; 52: 254-61.

Jeffcott LB, Kold SE. (1982): Stifle lameness in the horse: a survey of 86 referred cases. *Equine Vet J*; 14: 31-9.

Johnson JA, da Costa RC, Bhattacharya S, Goel V, Allen MJ. (2011): Kinematic motion patterns of the cranial and caudal canine cervical spine. *Vet Surg*; 40: 720-7.

Johnston SA, Tobias KM (2018): *Veterinary Surgery: Small Animal Expert Consult*, 2nd Edition. Elsevier Health Sciences

Kapatkin AS, Volk SW, Keith DG, McLear RC, Smith GK. (2003): Elbow dysplasia in a Basset Hound. *Vet Comp Orthop Traumatol*; 16: 11-5.

Kaser W (1998): Untersuchungen zur funktionellen Anatomie des Ellbogengelenkes (Articulatio cubiti) des Hundes. Diss. med. vet., LMU München, München

Kirberger R (2014) Radiographic views for Elbow Dysplasia. 28th annual meeting IEWG, Cape Town SA. 19-20

Kirberger RM, Fourie SL. (1998): Elbow dysplasia in the dog: pathophysiology, diagnosis and control. *J S Afr Vet Assoc*; 69: 43-54.

Koch D, Fischer MS, Dobenecker BGTVK (2019): *Lahmheitsuntersuchung beim Hund*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart ; New York 245 Seiten

Koch T, Berg R (1985): *Lehrbuch der Veterinär-Anatomie Bd. 1*. Fischer, Jena. 2-216

Köhler W, Schachtel G, Voleske P (2012): Biostatistik. Springer Spektrum, Berlin ; HeidelbergXII, 334 Seiten

LaFond E, Breur GJ, Austin CC. (2002): Breed susceptibility for developmental orthopedic diseases in dogs. *J Am Anim Hosp Assoc*; 38: 467-77.

Langhann A (1999): Therapie des fragmentierten Processus coronoideus medialis der Ulna und der Osteochondrosis dissecans der Trochlea humeri beim Hund: arthroskopische versus konventionell operative Entfernung. Diss. med. vet., Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover

Larché W-D (1962): Der Einfluß mechanischer und funktioneller Faktoren auf das Angehen des Hundes. Diss. med. vet., Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen

Lau SF, Wolschrijn CF, Siebelt M, Vernooij JC, Voorhout G, Hazewinkel HA. (2013a): Assessment of articular cartilage and subchondral bone using EPIC-microCT in Labrador retrievers with incipient medial coronoid disease. *Vet J*; 198: 116-21.

Lau SF, Wolschrijn CF, Hazewinkel HA, Siebelt M, Voorhout G. (2013b): The early development of medial coronoid disease in growing Labrador retrievers: radiographic, computed tomographic, necropsy and micro-computed tomographic findings. *Vet J*; 197: 724-30.

Lau SF, Hazewinkel HA, Grinwis GC, Wolschrijn CF, Siebelt M, Vernooij JC, Voorhout G, Tryfonidou MA. (2013c): Delayed endochondral ossification in early medial coronoid disease (MCD): a morphological and immunohistochemical evaluation in growing Labrador retrievers. *Vet J*; 197: 731-8.

Lau SF, Hazewinkel HA, Voorhout G. (2015a): Radiographic and computed tomographic assessment of the development of the antebrachia and elbow joints in Labrador Retrievers with and without medial coronoid disease. *Vet Comp Orthop Traumatol*; 28: 186-92.

Lau SF, Voorhout G (2015) Dog Positioning for CT Scanning of the Elbow Joints. 29th annual meeting of the International Elbow Working Group May 17th 2015. Bangkok, Thailand

Lau SF, Theyse LF, Voorhout G, Hazewinkel HA. (2015b): Radiographic, computed tomographic, and arthroscopic findings in labrador retrievers with medial coronoid disease. *Vet Surg*; 44: 511-20.

Lau SF (2015) The Etiology of Medial Coronoid Disease. 29th annual meeting of the International Elbow Working Group 17th May 2015. Bangkok, Thailand. 31-3

Layer A (2012): Ganganalytische Untersuchung der Rückenbewegung von gesunden Hunden der Rassen Dackel und Labrador Retriever. Diss. med. vet., LMU München, München

Layer AF, Matis U (2012): Ganganalytische Untersuchung der Rückenbewegung von gesunden Hunden der Rassen Dackel und Labrador Retriever. Universitätsbibliothek der Ludwig-Maximilians-Universität, München

Leach D. (1993): Recommended terminology for researchers in locomotion and biomechanics of quadrupedal animals. *Acta Anat (Basel)*; 146: 130-6.

Lewis D, Parker R, Hager D. (1989): Fragmented medial coronoid process of the canine elbow. *Compendium on Continuing Education for the Practising Veterinarian*; 11: 703-16.

Liebich HG, Maierl J, König H (2012): Anatomie der Haussäugetiere - Vorder- oder Schultergliedmaßen (Membra Thoracica). Schattauer, Stuttgart. 141-210

Maierl J. (2003): Zur funktionellen Anatomie und Biomechanik des Ellbogengelenks (Articulatio cubiti) des Hundes - Habilitationsschrift. Habilitationsschrift Ludwig-Maximilians-Universität, München

Maki K, Liinamo AE, Ojala M. (2000): Estimates of genetic parameters for hip and elbow dysplasia in Finnish Rottweilers. *J Anim Sci*; 78: 1141-8.

Maki K, Janss LL, Groen AF, Liinamo AE, Ojala M. (2004): An indication of major genes affecting hip and elbow dysplasia in four Finnish dog populations. *Heredity (Edinb)*; 92: 402-8.

Mäki K, Groen A, Liinamo A, Ojala M. (2002): Genetic variances, trends and mode of inheritance for hip and elbow dysplasia in Finnish dog populations. *Journal of Animal Science*; 75: 197-208.

Mariee IC, Grone A, Theyse LF. (2014): The role of osteonecrosis in canine coronoid dysplasia: arthroscopic and histopathological findings. *Vet J*; 200: 382-6.

Mason TA, Lavelle RB, Skipper SC, Wrigley WR. (1980): Osteochondrosis of the elbow joint in young dogs. *J Small Anim Pract*; 21: 641-56.

Meyer-Lindenberg A (1991): Angeborene und erworbene Erkrankungen des Ellbogengelenks beim Hund: Häufigkeit, Diagnostik und Behandlungsergebnisse der Jahre 1985-1989. Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover

Meyer-Lindenberg A, Langhann A, Fehr M (1997) Therapie des fragmentierten Processus coronoideus und der Chondrosis dissecans im Ellbogengelenk: Arthroskopische versus konventionelle Entfernung sowie Stand der kynologischen Maßnahmen. Jahrestagung der Deutsch. Vet. Gesellschaft - Fachgruppe „Kleintierkrankheiten“. Hannover. 114-8

Meyer-Lindenberg A, Langhann A, Fehr M, Nolte I. (2002a): Prevalence of fragmented medial coronoid process of the ulna in lame adult dogs. *Vet Rec*; 151: 230-4.

Meyer-Lindenberg A, Staszky C, Gasse H, Fehr M, Nolte I. (2002b): Caudomedial approach for removal of an ununited anconeal process and assessment of the medial coronoid process of the ulna. *J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med*; 49: 277-80.

Meyer-Lindenberg A, Langhann A, Fehr M, Nolte I. (2003a): 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*; 16: 204-10.

Meyer-Lindenberg A, Gerdwilker A, Fehr M, Nolte I (2003b) Schwierigkeiten in der Diagnostik ausgewählter Erkrankungen des Ellbogengelenks. 49. Jahrestagung der Deutsche Vet. Gesellschaft -Fachgruppe „Kleintierkrankheiten“ 06.-09. November 2003. Leipzig. 166-70

Meyer-Lindenberg A, Fehr M, Nolte I. (2006): Co-existence of ununited anconeal process and fragmented medial coronoid process of the ulna in the dog. *J Small Anim Pract*; 47: 61-5.

Michelsen J. (2013): Canine elbow dysplasia: aetiopathogenesis and current treatment recommendations. *Vet J*; 196: 12-9.

Miller M, Christensen G, Evans H (1964): *Anatomy of the Dog*. Saunders, Philadelphia. 69-113

Moores AP, Benigni L, Lamb CR. (2008): Computed tomography versus arthroscopy for detection of canine elbow dysplasia lesions. *Vet Surg*; 37: 390-8.

Morandi F, Hecht S, Daniel G (2008): Röntgendiagnostik in der Kleintierpraxis-Knochen- und Gelenkerkrankungen bei Jungtieren. Schattauer, Stuttgart. 344-8

Moreau M, Dupuis J, Bonneau NH, Desnoyers M. (2003): Clinical evaluation of a nutraceutical, carprofen and meloxicam for the treatment of dogs with osteoarthritis. *Vet Rec*; 152: 323-9.

Morgan JA, Wind A, Davidson AP (2000a): Hereditary bone and joint diseases in the dog: Osteochondroses, Hip Dysplasia, Elbow Dysplasia. Schlütersche, Hannover, Germany. 328

Morgan JP, Wind A, Davidson AP (2000b): Hereditary bone and joint diseases in the dog: osteochondroses, hip dysplasia, elbow dysplasia. Schlütersche Co.

Murphy ST, Lewis DD, Shiroma JT, Neuwirth LA, Parker RB, Kubilis PS. (1998): Effect of radiographic positioning on interpretation of cubital joint congruity in dogs. *Am J Vet Res*; 59: 1351-7.

Musmann K (2009): Ellbogengelenkdysplasie des Hundes: Studie zur bildgebenden Diagnostik und post operativen Erfolgskontrolle mittels computerisierter Ganganalyse. Diss. med. vet., LMU München, München

Musmann K, Matis U. (2009): Ellbogengelenkdysplasie des Hundes: Studie zur bildgebenden Diagnostik und postoperativen Erfolgskontrolle mittels computerisierter Ganganalyse. LMU

Nakagawa S, Cuthill IC. (2007): Effect size, confidence interval and statistical significance: a practical guide for biologists. *Biol Rev Camb Philos Soc*; 82: 591-605.

Nap R (1995) Pathophysiology and clinical aspects of canine elbow dysplasia. Proceedings of the 7th International Elbow Working Group Meeting. Constance, Germany. 58-61

Nickel R, Schummer A, Wille K, H. W (2003): Passiver Bewegungsapparat, Skelettsystem – Knochenlehre, Osteologia – Knochen der Schultergliedmaße. Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band 1, Bewegungsapparat, 8 edn. Parey, Berlin

Off W (1992): Klinische und ganganalytische Erhebungen zur Resektionsarthroplastik des Hüftgelenks bei Hund und Katze in den Jahren 1978 bis 1989, Diss. med. vet.,LMU München, München

Off W, Matis U. (1997a): Ganganalyse beim Hund. Teil 1: Dynamometrische und kinemetrische Meßverfahren und ihre Anwendung beim Tetrapoden. Tierärztliche Praxis; 25: 8-14.

Off W, Matis U. (1997b): Ganganalyse beim Hund. Teil 2: Aufbau eines Ganglabors und bewegungsanalytische Untersuchungen. Tierärztliche Praxis; 25: 303-11.

Olsson S (1975) Lameness in the dog. A review of lesions causing osteoarthritis of the shoulder, elbow, hip, stifle and hock joints. Scientific Presentations of the 42nd Annual Meeting of the American Animal Hospital Association. Cincinnati, Ohio, USA. 363-70

Olsson S. (1976): Osteochondrosis-a growing problem to dog breeders. Gaines progress Summer: 1-11.

Olsson SE (1981): Pathophysiology morphology, and clinical signs of osteochondrosis in the dog. Pathophysiology in Small Animal Surgery, 1 edn. Lea & Febiger, Philadelphia, USA. 604-17

Olsson SE. (1983): The Early Diagnosis of Fragmented Coronoid Process and Osteochondritis Dissecans of the Canine Elbow Joint. J Am Anim Hosp Assoc; 19: 616-26.

Owen MR, Richards J, Clements DN, Drew ST, Bennett D, Carmichael S. (2004): Kinematics of the elbow and stifle joints in greyhounds during treadmill trotting – An investigation of familiarisation. *Vet Comp Orthop Traumatol*; 17: 141-5.

Owens JM, Biery DN (1999): *Radiographic interpretation for the small animal clinician*, 2nd edn. Verlag Williams u. Wilkins, Baltimore, Maryland. 76-8

Pandy MG, Kumar V, Berme N, Waldron KJ. (1988): The dynamics of quadrupedal locomotion. *J Biomech Eng*; 110: 230-7.

Poulos P. (2013): The GDC principals behind the elbow evaluation. 2013: <http://www.vet-iewg.org/>.

Poy NS, DeCamp CE, Bennett RL, Hauptman JG. (2000): Additional kinematic variables to describe differences in the trot between clinically normal dogs and dogs with hip dysplasia. *Am J Vet Res*; 61: 974-8.

Presnell KR (1998): Surgery for fragmented medial coronoid process. In: *Current Techniques in Small Animal Surgery*. Bojrab MJ, Ellison GW, Slocum B, eds.: Williams & Wilkins 774-8.

Preston CA. (2000): Distraction osteogenesis to treat premature distal radial growth plate closure in a dog. *Aust Vet J*; 78: 387-91.

Probst C, Flo G, McLaughlin M, DeCamp C. (1988): Fragmented medial coronoid process and osteochondritis dissecans of the elbow. *Companion Animal Practice*; 2: 27-33.

Probst CW, Flo GL, McLoughlin MA, DeCamp CE. (1989): A simple medial approach to the canine elbow for treatment of fragmented coronoid process and osteochondritis dissecans. *J Am Anim Hosp Assoc*; 25: 331-4.

Quinn MM, Keuler NS, Lu Y, Faria ML, Muir P, Markel MD. (2007): Evaluation of agreement between numerical rating scales, visual analogue scoring scales, and force plate gait analysis in dogs. *Vet Surg*; 36: 360-7.

Raith A (2010): Das ganganalytische Profil des Deutschen Schäferhundes eine Reevaluierung. Diss. med. vet., LMU München, München

Read R, Armstrong S, O'Keefe J, Eger C. (1990): Fragmentation of the medial coronoid process of the ulna in dogs: a study of 109 cases. *Journal of Small Animal Practice*; 31: 330-4.

Reagan BF, McInerney VK, Treadwell BV, Zarins B, Mankin HJ. (1983): Irrigating solutions for arthroscopy. A metabolic study. *J Bone Joint Surg Am*; 65: 629-31.

Reichle JK, Snaps F. (1999): The elbow. *Clin Tech Small Anim Pract*; 14: 177-86.

Reichle JK, Park RD, Bahr AM. (2000): Computed tomographic findings of dogs with cubital joint lameness. *Vet Radiol Ultrasound*; 41: 125-30.

Riggs CM, DeCamp CE, Soutas-Little RW, Braden TD, Richter MA. (1993): Effects of subject velocity on force plate-measured ground reaction forces in healthy greyhounds at the trot. *Am J Vet Res*; 54: 1523-6.

Robinson RO, Herzog W, Nigg BM. (1987): Use of force platform variables to quantify the effects of chiropractic manipulation on gait symmetry. *J Manipulative Physiol Ther*; 10: 172-6.

Roy WE. (1971): Examination of the canine locomotor system. *Vet Clin North Am*; 1: 53-70.

Rumph PF, Lander JE, Kincaid SA, Baird DK, Kammermann JR, Visco DM. (1994): Ground reaction force profiles from force platform gait analyses of clinically normal mesomorphic dogs at the trot. *Am J Vet Res*; 55: 756-61.

Salg KG, Temwichtir J, Imholz S, Hazewinkel HA, Leegwater PA. (2006): Assessment of collagen genes involved in fragmented medial coronoid process development in Labrador Retrievers as determined by affected sibling-pair analysis. *Am J Vet Res*; 67: 1713-8.

Salomon FV, Geyer H, Gille U (2005): *Anatomie für die Tiermedizin-Bewegungsapparat*, 1 edn. Enke Verlag, Stuttgart. 22-234

Samoy Y, Van Ryssen B, Gielen I, Walschot N, van Bree H. (2006): Review of the literature: elbow incongruity in the dog. *Vet Comp Orthop Traumatol*; 19: 1-8.

Samoy Y, Gielen I, Saunders J, van Bree H, Van Ryssen B. (2012a): Sensitivity and specificity of radiography for detection of elbow incongruity in clinical patients. *Vet Radiol Ultrasound*; 53: 236-44.

Samoy Y, Van Vynckt D, Gielen I, van Bree H, Duchateau L, Van Ryssen B. (2012b): Arthroscopic findings in 32 joints affected by severe elbow incongruity with concomitant fragmented medial coronoid process. *Vet Surg*; 41: 355-61.

Scharvogel S (2004): *Kompendium der Allgemeinen Veterinärchirurgie*. Kramer M, ed.: Schlütersche Verlagsgesellschaft mbH & Company KG 20-36.

Schawalder P, Stich H, Steidl T, Spreng D, Dietschi E, Schmökel H. (2002): Die Ellbogendysplasie beim Hund. *Vet Spiegel*; 1: 14-27.

Schleich S (1997): Vergleich klinischer, röntgenologischer und intraoperativer Befunde beim fragmentierten Processus coronoideus medialis ulnae und der Osteochondrosis dissecans an der Trochlea humeri beim Hund. *Diss. med. vet.*, Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen

Schoenmakers I, Hazewinkel HA, Voorhout G, Carlson CS, Richardson D. (2000): Effects of diets with different calcium and phosphorus contents on the skeletal development and blood chemistry of growing great danes. *Vet Rec*; 147: 652-60.

Schwarz PD (2000): Canine Elbow Dysplasia. *Kirks Current Veterinary Therapy XIII*. Ed Bongura. Verlag Blackwell, Philadelphia. 1000-14

Schwencke M, Smolders LA, Bergknut N, Gustas P, Meij BP, Hazewinkel HA. (2012): Soft tissue artifact in canine kinematic gait analysis. *Vet Surg*; 41: 829-37.

Senckenberg C (2016): Die Auswirkungen der subklinischen Ellbogendysplasie auf das Gangbild des Labrador Retrievers. *Dissertation. Diss. med. vet., LMU München, München*

Seyrek-Intas D, Michele U, Tacke S, Kramer M, Gerwing M. (2009): Accuracy of ultrasonography in detecting fragmentation of the medial coronoid process in dogs. *J Am Vet Med Assoc*; 234: 480-5.

Smith TJ, Fitzpatrick N, Evans RB, Pead MJ. (2009): Measurement of ulnar subtrochlear sclerosis using a percentage scale in labrador retrievers with minimal radiographic signs of periarticular osteophytosis. *Vet Surg*; 38: 199-208.

Steigmeier S (2011): Untersuchungen zur Entwicklung einer Endoprothese für das canine Ellbogengelenk. *Diss. med. vet., LMU München, München*

Studdert V, Lavelle R, Beilharz R, Mason T. (1991): Clinical features and heritability of osteochondrosis of the elbow in Labrador retrievers. *Journal of Small Animal Practice*; 32: 557-63.

Tan DK, Canapp SO, Jr., Leasure CS, Dycus DL, O'Donnell E. (2016): Traumatic fracture of the medial coronoid process in 24 dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol*; 29: 325-9.

Tellhelm B. (2005): Röntgendiagnostik am Ellbogengelenk am Hund. *Prakt. Tierarzt*; 6: 398-403.

Tellhelm B, Amort K, Ondreka N (2014) Grading primary ED-lesions and elbow osteoarthritis according to the IEWG protocol. 28th annual meeting of the International Elbow Working Group. Cape Town 30-2

Theyse LF, Voorhout G, Hazewinkel HA. (2005): Prognostic factors in treating antebrachial growth deformities with a lengthening procedure using a circular external skeletal fixation system in dogs. *Vet Surg*; 34: 424-35.

Theyse LFH, Hazewinkel HAW, van den Brom WE. (2000): Force plate analyses before and after surgical treatment of unilateral fragmented coronoid process. *Vet Comp Orthop Traumatol*; 13: 135-40.

Tirgari M. (1980): Clinical, radiographical and pathological aspects of ununited medial coronoid process of the elbow joint in dogs. *J Small Anim Pract*; 21: 595-608.

Tromblee TC, Jones JC, Bahr AM, Shires PK, Aref S. (2007): Effect of computed tomography display window and image plane on diagnostic certainty for characteristics of dysplastic elbow joints in dogs. *Am J Vet Res*; 68: 858-71.

Unkel-Mohrmann F (1999): Das ganganalytische Profil des Deutschen Schäferhundes. *Diss. med. vet., LMU München, München.*

Van Bree H, Van Ryssen B. (1995): Imaging the canine elbow: radiography, computed tomography and arthroscopy. *Vet Annual*; 35: 118-29.

van Bree HJ, Van Ryssen B. (1998): Diagnostic and surgical arthroscopy in osteochondrosis lesions. *Vet Clin North Am Small Anim Pract*; 28: 161-89.

van Bruggen L, Hazewinkel HA, Wolschrijn C, Vorrhout G, Pollak Y, Barthez P. (2010): Bone scintigraphy for the diagnosis of an abnormal medial coronoid process in dogs. *Veterinary Radiology & Ultrasound*; 51: 344-8.

Van Ryssen B, van Bree H, Simoens P. (1993): Elbow arthroscopy in clinically normal dogs. *Am J Vet Res*; 54: 191-8.

Van Ryssen B, van Bree H. (1997): Arthroscopic findings in 100 dogs with elbow lameness. *Vet Rec*; 140: 360-2.

van Weeren PR, van den Bogert AJ, Barneveld A. (1988): Quantification of skin displacement near the carpal, tarsal and fetlock joints of the walking horse. *Equine Vet J*; 20: 203-8.

Vermote KA, Bergenhuyzen AL, Gielen I, van Bree H, Duchateau L, Van Ryssen B. (2010): Elbow lameness in dogs of six years and older: arthroscopic and imaging findings of medial coronoid disease in 51 dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol*; 23: 43-50.

Viehmann B (1998): Zur Diagnostik der Ellbogengelenksdysplasie beim Hund: Standardröntgen, Feinfokusröntgen und computergestützte Auswertung. Diss. med. vet., Freie Universität Berlin, Berlin

Vollmerhaus B, Schebitz E, Roos H, Brunnberg L, Waibl H. (1983): Anatomische Grundlagen und funktionelle Betrachtungen zur Olekranonfraktur beim Hund. *Kleintierpraxis*; 28: 5-15.

Vollmerhaus B, Frewein J, Roos A, Knospe C (1994): Anatomie von Hund und Katze - Skelett. Eds Frewein J, Vollmerhaus B. Blackwell Wissenschaft, Berlin. 4-52

Voorhout G, Hazewinkel H. (1987): Radiographic evaluation of the canine elbow joint with special reference to the medial humeral condyle and the medial coronoid process. *Veterinary Radiology & Ultrasound*; 28: 158-65.

Voss K, Imhof J, Kaestner S, Montavon PM. (2007): Force plate gait analysis at the walk and trot in dogs with low-grade hindlimb lameness. *Vet Comp Orthop Traumatol*; 20: 299-304.

Wagner K, Griffon DJ, Thomas MW, Schaeffer DJ, Schulz K, Samii VF, Necas A. (2007): Radiographic, computed tomographic, and arthroscopic evaluation of experimental radio-ulnar incongruence in the dog. *Vet Surg*; 36: 691-8.

Waibl H, Brunberg L (2012): Atlas der Röntgenanatomie des Hundes-Schultergliedmaße, 3 edn. Enke, Stuttgart

Walde I, Tellhelm B. (1991): Der fragmentierte Processus coronoideus medialis ulnae (FPC) und die Osteochondritis dissecans (OCD) im Ellbogengelenk und Sprunggelenk des Hundes. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift*; 78: 414-24.

Waxman AS, Robinson DA, Evans RB, Hulse DA, Innes JF, Conzemius MG. (2008): Relationship between objective and subjective assessment of limb function in normal dogs with an experimentally induced lameness. *Vet Surg*; 37: 241-6.

Webbon PM, Jones DG. (1976): The elbow. *J Small Anim Pract*; 17: 395-401.

Wind A. (1986): Elbow incongruity and developmental elbow diseases in the dog. *J Am Anim Hosp Assoc*; 22: 711-30.

Wind AP. (1982): Incidence and radiographic appearance of fragmented coronoid process. *Calif. Vet.*; 6: 19-25.

Wind AP (1990) Etiology and pathogenesis of elbow dysplasia: a hypothesis. 57th Meeting of the American Animal Hospital Association 23.-30. March 1990. 725-7

Winhart S (1991): Zur Fraktur des Processus coronoideus medialis ulnae beim Hund. Diss. med. vet. LMU München

Wolschrijn CF, Weijs WA. (2005): Development of the subchondral bone layer of the medial coronoid process of the canine ulna. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol*; 284: 439-45.

Zwick M (2010): Vergleich radiologischer und arthroskopischer Befunde des Ellbogengelenkes beim fragmentierten Processus coronoideus medialis ulnae (Koronoiderkrankung) des Hundes inklusive einer interobserver-Analyse (erfahren-unerfahren). Diss. med. vet. Justus-Liebig-Universität, Gießen

IX. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<i>Abbildung 1: Zeichnung des caninen Ellbogengelenks und dessen Knochenpunkte (aus BUDRAS, 2007).</i>	4
<i>Abbildung 2: Positionierung eines Hundes zur Anfertigung eines Röntgenbilds im mediolateralen Strahlengang (WAIBL & BRUNNBERG, 2012).</i>	16
<i>Abbildung 3: Positionierung eines Hundes zur Anfertigung eines Röntgenbilds im kraniokaudalen Strahlengang (WAIBL & BRUNNBERG, 2012).</i>	16
<i>Abbildung 4: Richtung der Bodenreaktionskräfte (BRK) des gesunden Hundes während der Standphase:</i>	31
<i>Abbildung 5: Schema der vertikalen BRK (nach STEIGMEIER, 2011).</i>	32
<i>Abbildung 6: Phase der Lastaufnahme (Loading) und der Entlastung (Unloading) während der Standphase (aus STEIGMEIER, 2011).</i>	33
<i>Abbildung 7: Lage der Knochenpunkte zur Berechnung der Kinematik der Vordergliedmaße (OFF, 1992).</i>	35
<i>Abbildung 8: Beispiel für den Bewegungsablauf des Schultergelenks während eines Schrittes (aus STEIGMEIER, 2011).</i>	36
<i>Abbildung 9: Beispiel für den Bewegungsablauf des Ellbogengelenks während eines Schrittes (aus STEIGMEIER, 2011).</i>	36
<i>Abbildung 10: Beispiel für den Bewegungsablauf des Karpalgelenks während eines Schrittes (aus STEIGMEIER, 2011).</i>	37
<i>Abbildung 11: Einzelne Untersuchungsschritte, die ein Studienteilnehmer durchlief.</i>	40
<i>Abbildung 12: Lagerung des Hundes zur röntgenologischen Untersuchung des rechten Ellbogengelenks im medio-lateralen Strahlengang (aus WAIBL & BRUNNBERG, 2012).</i>	43
<i>Abbildung 13: Lagerung des Hundes zur röntgenologischen Untersuchung des rechten Ellbogengelenks im kranio-kaudalen Strahlengang (aus WAIBL & BRUNNBERG, 2012).</i>	43
<i>Abbildung 14: Darstellung der beurteilten Lokalisationen an der radiologischen Aufnahme eines linken Ellbogengelenks im medio-lateralen Strahlengang.</i>	46
<i>Abbildung 15: Darstellung der beurteilten Lokalisationen an der radiologischen Aufnahme eines linken Ellbogengelenks im kranio-kaudalen Strahlengang.</i>	46

<i>Abbildung 16: GanganalySELabor der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München.....</i>	<i>49</i>
<i>Abbildung 17: Darstellung eines Hundes mit auf den genannten Knochenpunkten angebrachten passiven Markern und der daraus definierten Gelenkwinkel der Schultergliedmaße (a = Schultergelenkwinkel, b = Ellbogengelenkwinkel, c = Karpalgelenkwinkel) (nach LAYER, 2012; Schema des Hundeskelettes aus NICKEL et al., 2004).</i>	<i>51</i>
<i>Abbildung 18: Veränderung des Lahmheitsgrades (negative Werte = beschreiben einen Verschlechterung des Lahmheitsgrad, positive Werte = beschreiben eine Verbesserung des Lahmheitsgrad).....</i>	<i>61</i>
<i>Abbildung 19: Grad der Arthrose im Punkteschema in Korrelation zum Alter bei der Kontrolluntersuchung (schwarze Linie = Trendlinie).</i>	<i>70</i>
<i>Abbildung 20: Progression der Arthrose im Punkteschema in Bezug zum Zeitraum prae OP – Kontrolluntersuchung.....</i>	<i>71</i>
<i>Abbildung 21: Mittelwerte des Gelenkwinkelverlaufs des Schultergelenks der drei Gruppen während des Schrittzklus.....</i>	<i>80</i>
<i>Abbildung 22: Mittelwerte des Gelenkwinkelverlaufs des Ellbogengelenks der drei Gruppen während des Schrittzklus.....</i>	<i>83</i>
<i>Abbildung 23: Mittelwerte des Gelenkwinkelverlaufs des Karpalgelenks der drei Gruppen während des Schrittzklus.....</i>	<i>85</i>
<i>Abbildung 24: Verlauf des Schulter-, Ellbogen- und Karpalgelenkwinkel der Matching-Pair-Analyse: a) Schultergelenkwinkel, b) Ellbogengelenkwinkel, c) Karpalgelenkwinkel.....</i>	<i>91</i>

X. TABELLENVERZEICHNIS

<i>Tabelle 1: Ursprung und Ansatz der Muskeln des caninen Ellbogengelenks (LIEBICH et al., 2012).</i>	6
<i>Tabelle 2: Entwicklung des Lahmheitsgrad nach operativer Versorgung mittels Arthrotomie.</i>	24
<i>Tabelle 3: Entwicklung der Arthrose nach operativer Versorgung mittels Arthrotomie.</i>	24
<i>Tabelle 4: Entwicklung des Lahmheitsgrad nach operativer Versorgung mittels Arthroskopie.</i>	26
<i>Tabelle 5: Entwicklung der Arthrose nach operativer Versorgung mittels Arthroskopie.</i>	26
<i>Tabelle 6: Modifiziertes Beurteilungsschema angelehnt an das Schema der IEWG.</i>	44
<i>Tabelle 7: Einteilung der Arthrose nach Punkten.</i>	45
<i>Tabelle 8: Anzahl der in der Studie vertretenen Hunderassen und deren Häufigkeit.</i>	57
<i>Tabelle 9: Alter der Tiere zum Zeitpunkt der Operation und der Kontrolluntersuchung, Intervall zwischen Operation und Kontrolluntersuchung.</i>	58
<i>Tabelle 10: Präoperativer, subjektiver Lahmheitsgrad.</i>	59
<i>Tabelle 11: Subjektiver Lahmheitsgrad zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung.</i>	60
<i>Tabelle 12: Befunde der präoperativen, palpatorischen Lahmheitsuntersuchung: Vergleich der Patientengruppen einschließlich Vergleich der Signifikanz zwischen den Patientengruppen.</i>	62
<i>Tabelle 13: Befunde der palpatorischen Lahmheitsuntersuchung zum Zeitpunkt der Kontrolle: Vergleich der Patientengruppen einschließlich Vergleich der Signifikanz zwischen den Patientengruppen.</i>	64
<i>Tabelle 14: Entwicklung der Parameter der palpatorischen Lahmheitsuntersuchung im Vergleich: präoperativen Untersuchung zur Kontrolluntersuchung einschließlich Vergleich der Signifikanz zwischen den Patientengruppen.</i>	66

<i>Tabelle 15: Präoperative röntgenologische Befunde in Anlehnung an das IEWG-Schema.</i>	<i>67</i>
<i>Tabelle 16: Grad der Arthrose im Verhältnis zum Alter der Tiere.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabelle 17: Ergebnisse der statistischen Auswertung des präoperativen Grads der Arthrose.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabelle 18: Röntgenologische Befunde nach modifiziertem IEWG-Schema zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung.</i>	<i>69</i>
<i>Tabelle 19: Grad der Arthrose im Verhältnis zum Alter der Tiere zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung.</i>	<i>69</i>
<i>Tabelle 20: Ergebnisse der statistischen Auswertung des Grades der Arthrose zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung.</i>	<i>70</i>
<i>Tabelle 21: Statistische Auswertung der Progression der Arthrose.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabelle 22: Progression der Arthrose bei der Kontrolluntersuchung in Abhängigkeit von der Rasse nach modif. IEWG-Schema.</i>	<i>72</i>
<i>Tabelle 23: Veränderung der Arthrose im Vergleich der präoperativen Untersuchung zur Kontrolluntersuchung.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabelle 24: Kinetische Parameter: Vertikale Spitzenkraft und vertikaler Impuls der 3 Patientengruppen im Schritt.</i>	<i>74</i>
<i>Tabelle 25: Statistischer Vergleich von vertikaler Spitzenkraft (PVF) und vertikalem Impuls (VI) zwischen den 3 Patientengruppen im Schritt.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabelle 26: Symmetrie-Index für die Beurteilung einer Lahmheit im Rahmen der Ganganalyse.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabelle 27: Klassifizierung der Lahmheit unter Zuhilfenahme der Ganganalyse.</i>	<i>76</i>
<i>Tabelle 28: Ergebnisse der kinetische Parameter: Tmax, Loading und Unloading der 3 Patientengruppen im Schritt.</i>	<i>77</i>
<i>Tabelle 29: Statistische Auswertung der kinetischen Parameter: Tmax, Loading und Unloading im Vergleich der 3 Patientengruppen im Schritt.</i>	<i>78</i>
<i>Tabelle 30: Ergebnisse der kinematischen Untersuchung des Schultergelenkwinkels: max. Winkel, min. Winkel und ROM der drei Patientengruppen.</i>	<i>79</i>
<i>Tabelle 31: Statistische Auswertung des Schultergelenkwinkels: max. Winkel, min. Winkel und ROM im Vergleich der Patientengruppen.</i>	<i>79</i>
<i>Tabelle 32: Ergebnisse der kinematischen Untersuchung des Ellbogengelenkwinkels: max. Winkel, min. Winkel, ROM und max. Winkel beim Abfüßen der drei Gruppen.</i>	<i>81</i>

<i>Tabelle 33: Statistische Auswertung des Ellbogengelenkwinkels: max. Winkel, min. Winkel, ROM und max. Winkel beim Abfüßen im Vergleich der Patientengruppen.</i>	<i>82</i>
<i>Tabelle 34: Ergebnisse der kinematischen Untersuchung des Karpalgelenkwinkels: max. Winkel, min. Winkel und ROM der drei Patientengruppen.</i>	<i>84</i>
<i>Tabelle 35: Statistische Auswertung des Karpalgelenkwinkels: max. Winkel, min. Winkel und ROM im Vergleich der Patientengruppen.</i>	<i>84</i>
<i>Tabelle 36: Alter der Hunde der Matching Pair Analyse zum Zeitpunkt der Operation und der Kontrolluntersuchung (KU), Intervall zwischen Operation und Kontrolluntersuchung.</i>	<i>86</i>
<i>Tabelle 37: Statistische Auswertung der kinetischen Parameter der Matching Pairs: PVF, VI, Tmax, Loading und Unloading im Vergleich der Patientengruppen.</i>	<i>88</i>
<i>Tabelle 38: Ergebnisse der kinematischen Untersuchung des Schultergelenkwinkels der Matching Pairs: max. Winkel, min. Winkel und ROM im Vergleich der Patientengruppen.</i>	<i>88</i>
<i>Tabelle 39: Ergebnisse der kinematischen Untersuchung des Ellbogengelenkwinkels der Matching Pairs: max. Winkel, min. Winkel, ROM und max. Winkel beim Abfüßen im Vergleich der Patientengruppen.</i>	<i>89</i>
<i>Tabelle 40: Ergebnisse der kinematischen Untersuchung des Karpalgelenkwinkels der Matching Pairs: max. Winkel, min. Winkel und ROM im Vergleich der Patientengruppen.</i>	<i>90</i>

XI. ANHANG

Vergleich der Ergebnisse nach operativer Behandlung (Arthroskopie vs. Arthrotomie bei fragmentiertem Processus coronoideus medialis der Ulna unter besonderer Berücksichtigung der computerisierten Ganganalyse

röntgenologisches Untersuchungsprotokoll

Datum der Untersuchung:

Besitzer:		Kliniknummer:	
Patientenname:		Studennummer:	
linker Ellbogen	<input type="checkbox"/>	rechter Ellbogen	<input type="checkbox"/>

Qualität der Röntgenaufnahme

cr/cd Projektion cr 15° lat – cd med. oblique

inadäquate Positionierung

inadäquate Belichtung

medio-laterale Projektion mit ca. 120° Beugungswinkel

inadäquate Positionierung

inadäquate Belichtung

Hinweise auf Primärerkrankungen:

Befunde die für eine OCD sprechen – in der cr/cd Projektion zu beurteilen

Lokalisation	physiologisch	verändert		
		ggr.	mgr.	hgr.
Aufhellung der medialen Humerusgelenkfläche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sklerose des subchondralen Knochen der Trochlea humeri	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aufhellung im Bereich der Ulnagelenkfläche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
subchondrale Sklerose in diesem Bereich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Abgelöstes knochendichtes Fragment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Befunde die für einen FCP sprechen - in der medio-lateralen Projektion zu beurteilen

Lokalisation	physiologisch	verändert		
		ggr.	mgr.	hgr.
craniale Kante des Proc. coronoideus sichtbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
craniale Kante des Proc. coronoideus vollständig nachvollziehbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Veränderung der radiologischen Dichte des Proc. coronoideus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Form des Proc. coronoideus normal oder abnormal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
subtrochleare Sklerose an der Coronoidbasis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verlust der Trabekelstruktur an der proximalen Ulna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nachweisbares Fragment des Proc. coronoideus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Corpora libera sichtbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Befunde die für einen IPA sprechen - in der medio-lateralen Projektion zu beurteilen

Lokalisation	physiologisch	verändert		
		ggr.	mgr.	hgr.
irreguläre Aufhellungslinie zwischen Proc. anconeus und Ulna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
uneinheitliche/fleckige Mineralisierung des Proc. anconeus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ungleichmäßige subchondrale Sklerose	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Befunde die für eine Inkongruität sprechen

Lokalisation	positiv	negativ	Angabe in mm	
Stufenbildung zwischen Radius und Ulna, wenn positiv Angabe in mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
ungleichmäßiger Gelenkraum zwischen Humerus und Radius, wenn positiv Angabe in mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
humero-ulnarer Gelenkspalt medial größer als lateral, wenn positiv Angabe in mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

arthrotische Veränderungen:

Nachweisbare Osteophyten - in der medio-lateralen Projektion zu beurteilen:

Lokalisation	physiologisch	verändert		
		ggr.	mgr.	hgr.
Osteophyten am caudalen Rand des lateralen Epicondylus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Osteophyten am caudalen Rand des medialen Epicondylus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Osteophyten am proximalen Rand des Proc. anconeus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Osteophyten an der cranio-proximale Kante des Radiuskopfes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Osteophyten am cranialen Rand der Trochlea humeri	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Angabe der maximalen Höhe von osteophytären Zubildungen am proximalen Proc. Anconesus

Angabe in mm

Nachweisbare Osteophyten in der cr/cd Projektion zu beurteilen:

Lokalisation	physiologisch	verändert		
		ggr.	mgr.	hgr.
Osteophyten an der medialen Seite des Processus coronoideus medialis ulnae	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Osteophyten an der lateralen Seite des Radiuskopfes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Osteophyten an der medialen Seite des Epicondylus medialis humeri	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Osteophyten an der lateralen Seite des Epicondylus lateralis humeri	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bewertung der Ellenbogengelenksdysplasie modifiziert nach IEWG		radiologische Befund
<input type="checkbox"/>	Normales Ellenbogengelenk	Normales Ellenbogengelenk, kein Hinweis auf Inkongruenz, Sklerosierung oder Arthrosen
<input type="checkbox"/>	ggr. Arthrose	Osteophyten weniger als 2 mm hoch Verdächtige Sklerose an der Basis des Processus coronoideus
<input type="checkbox"/>	mgr. Arthrose	Osteophyten mit 2 bis 5 mm Höhe Eindeutige, Sklerose an der Basis des Processus coronoideus, Stufe zwischen Radius und Ulna von 2-5 mm
<input type="checkbox"/>	hgr. Arthrose	Osteophyten mit mehr als 5 mm Höhe Stufe zwischen Radius und Ulna von mehr als 5 mm

Nach Flückinger aus PROCEEDINGS: 25th annual meeting of the INTERNATIONAL ELBOW WORKING GROUP 2010 / Fitzpatrick: Radiographic and Arthroscopic Findings in the Elbow Joints of 263 Dogs with Medial Coronoid Disease

Kinetische und Kinematische Grunddaten aller Patienten

Gruppe	Patient	PVfvok	Vivok	Steig.vok	negsteigvok	tmaxvok%	Stand/Schwung vok	tStandvok%	tSchwung vok%
1	1	43.50	12.47	3.10	-2.22	22.54	2.13	0.68	0.32
1	2	60.10	22.32	5.57	-3.84	31.01	3.08	0.76	0.25
1	3	52.00	17.74	3.63	-3.54	28.49	2.28	0.70	0.31
1	4	50.00	14.90	3.18	-3.30	30.96	1.86	0.65	0.35
1	5	48.90	16.83	2.81	-3.41	35.52	2.13	0.68	0.32
1	6	61.10	19.89	5.54	-4.95	20.56	1.94	0.66	0.34
1	7	55.60	17.29	3.51	-3.44	28.04	1.99	0.67	0.34
1	8	66.60	22.45	5.05	-4.66	29.94	2.28	0.70	0.31
1	9	67.60	25.34	3.40	-4.15	41.02	2.85	0.74	0.26
1	10	50.00	16.16	4.11	-3.10	32.45	2.18	0.69	0.32
1	11	57.50	20.91	3.37	-3.83	39.54	2.85	0.74	0.26
1	12	60.80	23.11	3.44	-3.38	31.48	2.92	0.75	0.26
1	13	49.30	16.82	4.06	-5.14	45.57	2.23	0.69	0.31
1	14	58.70	21.58	3.54	-4.85	41.01	2.57	0.72	0.28
1	15	71.20	22.87	5.77	-5.70	42.56	2.08	0.68	0.33
1	16	59.00	17.01	5.72	-3.21	19.04	1.99	0.67	0.34
1	17	60.00	19.34	5.04	-3.41	19.46	2.33	0.70	0.30
1	18	59.70	19.73	4.16	-4.01	24.71	2.25	0.69	0.31
1	19	65.75	20.46	3.70	-4.81	37.52	2.00	0.67	0.34
1	20	55.30	21.17	2.80	-2.55	35.51	3.26	0.77	0.24

Gruppe	Patient	Schulter Max	Schulter Min	Schulter ROM	Ellbogen Max	Ellbogen Min	Ellbogen ROM	Karpus Max	Karpus Min	Karpus ROM
1	1	163.70	134.19	29.51	143.02	107.48	35.54	193.34	123.07	70.27
1	2	124.35	93.92	30.44	145.10	93.50	51.60	189.82	121.26	68.56
1	3	151.50	113.77	37.73	136.47	87.97	48.50	217.31	114.65	102.66
1	4	162.15	125.29	36.85	137.26	95.71	41.55	195.06	111.49	83.57
1	5	162.58	124.26	38.32	166.55	122.59	43.96	192.05	120.30	71.75
1	6	159.39	120.59	38.80	159.86	114.61	45.24	195.92	129.47	66.44
1	7	150.79	119.75	31.04	135.86	89.17	46.69			
1	8	150.62	113.12	37.49	164.92	117.44	47.48	218.05	125.90	92.16
1	9	162.22	130.76	31.47	156.04	111.29	44.75	198.07	101.62	96.45
1	10	162.37	118.49	43.88	146.52	97.48	49.04	199.58	99.87	99.72
1	11	179.01	140.73	38.28	157.90	109.53	48.37	217.06	128.11	88.95
1	12	164.44	133.09	31.35	162.72	115.71	47.01	205.23	119.77	85.46
1	13	174.47	120.50	53.96	154.06	93.18	60.89	207.98	103.18	104.81
1	14	172.26	127.44	44.83	136.63	93.48	43.15	199.29	97.20	102.09
1	15	147.54	119.29	28.25	160.14	121.79	38.35	218.82	149.93	68.89
1	16	160.02	130.60	29.43	159.39	103.16	56.23	196.19	113.00	83.19
1	17	155.77	121.70	34.07	140.81	96.84	43.97	179.14	93.73	85.41
1	18	155.51	113.42	42.09	151.94	99.14	52.80	190.82	124.26	66.56
1	19	150.05	113.60	36.45	139.29	94.59	44.71	212.49	119.30	93.18
1	20	152.01	110.39	41.62	147.11	97.12	49.99	204.91	100.50	104.41

Gruppe	Patient	PVfvok	Vivok	Steig.vok	negsteigvok	tmaxvok%	Stand/Schwung vok	tStandvok%	tSchwung vok%
2	1	55.00	17.24	5.02	-4.26	18.95	2.18	0.69	0.32
2	2	76.40	25.60	5.05	-5.54	37.02	3.00	0.75	0.25
2	3	57.50	18.53	4.91	-4.98	22.94	2.08	0.68	0.33
2	4	68.90	21.44	5.25	-3.41	26.95	2.51	0.72	0.29
2	5	60.50	20.72	4.31	-4.86	22.51	2.18	0.69	0.32
2	6	49.90	20.53	3.21	-3.12	34.98	3.26	0.77	0.24
2	7	66.30	22.57	5.88	-5.22	18.06	2.08	0.68	0.33
2	8	54.50	18.26	4.44	-4.70	44.41	2.08	0.68	0.33
2	9	56.60	19.77	4.47	-3.82	19.52	2.39	0.71	0.30
2	10	44.10	13.96	2.86	-3.72	40.47	1.90	0.66	0.35
2	11	44.30	15.76	2.91	-2.62	26.06	2.64	0.73	0.28
2	12	54.30	20.86	4.02	-3.86	41.57	3.00	0.75	0.25
2	13	69.30	20.56	5.87	-3.73	25.04	2.18	0.69	0.32
2	14	57.10	16.83	5.20	-2.16	16.96	2.08	0.68	0.33
2	15	58.40	20.14	3.85	-3.71	33.48	2.57	0.72	0.28
2	16	60.40	20.48	5.30	-4.29	19.54	2.18	0.69	0.32
2	17	66.40	21.71	4.26	-3.19	29.99	2.92	0.75	0.26
2	18	56.40	17.13	5.48	-4.12	17.52	1.94	0.66	0.34
2	19	62.40	20.79	4.98	-4.88	19.05	2.13	0.68	0.32
2	20	58.50	17.76	5.04	-3.78	19.48	1.99	0.67	0.34
2	21	65.60	23.84	4.63	-5.16	25.00	2.57	0.72	0.28
2	22	57.60	22.03	3.50	-2.99	35.78	2.96	0.75	0.25
2	23	60.60	21.42	3.54	-2.86	23.47	2.70	0.73	0.27
2	24	61.50	19.78	5.27	-3.59	18.24	2.13	0.68	0.32

Gruppe	Patient	Schulter Max	Schulter Min	Schulter ROM	Ellbogen Max	Ellbogen Min	Ellbogen ROM	Karpus Max	Karpus Min	Karpus ROM
2	1	173.58	134.47	39.10	160.19	112.30	47.89	214.31	130.69	83.62
2	2	154.86	129.96	24.90	166.00	110.99	55.01	189.17	104.41	84.76
2	3	144.61	116.87	27.74	157.21	103.86	53.35	186.49	113.19	73.30
2	4	131.03	101.84	29.19	148.25	96.03	52.23	186.79	133.74	53.05
2	5	146.68	116.92	29.76	143.48	101.35	42.14	201.91	124.34	77.57
2	6	160.05	129.06	30.99	155.99	99.63	56.36	198.31	125.85	72.47
2	7	165.10	130.50	34.59	155.15	105.50	49.66	203.81	132.18	71.63
2	8	154.06	114.99	39.07	145.41	94.78	50.63	207.19	137.20	69.99
2	9	146.58	113.06	33.52	161.56	107.68	53.88	200.11	141.80	58.31
2	10	153.99	124.33	29.66	141.32	95.63	45.70	188.17	123.14	65.03
2	11	144.31	113.43	30.87	171.53	107.29	64.24	196.18	148.81	47.37
2	12	152.98	117.14	35.84	151.44	105.67	45.77	237.49	156.48	81.02
2	13	162.50	124.71	37.79	153.80	108.40	45.40	205.73	135.00	70.73
2	14	168.64	125.49	43.15	151.91	100.86	51.06	211.28	121.54	89.73
2	15	165.64	125.14	40.50	147.41	89.84	57.57	201.22	131.45	69.77
2	16	158.44	125.46	32.98	144.94	93.35	51.59	207.26	104.17	103.10
2	17	156.81	108.01	48.80	173.16	119.37	53.79	198.23	117.81	80.41
2	18	148.47	116.03	32.44	165.20	113.02	52.18	205.99	124.14	81.85
2	19	180.41	125.79	54.62	174.54	117.68	56.86	164.79	110.91	53.88
2	20	184.03	129.20	54.83	162.97	99.09	63.89	197.59	107.79	89.80
2	21	155.05	118.36	36.69	146.68	105.12	41.56	210.68	132.31	78.37
2	22	153.12	116.77	32.88	147.54	103.41	44.13	213.93	129.61	84.32
2	23	161.73	130.40	31.34	152.54	106.03	46.51	204.73	127.64	77.10
2	24	166.10	128.83	37.27	164.93	107.52	57.41	196.62	129.72	66.90

XII. DANKSAGUNG

Ich möchte mich herzlich bei Frau Professor Dr. med. vet. Andrea Meyer-Lindenberg für die großartige Gelegenheit bedanken, meine Doktorarbeit in der Chirurgischen Kleintierklinik der Ludwig-Maximilians-Universität in München mit ihrer Unterstützung, Betreuung und großer Geduld, anfertigen zu können.

Weiterhin danke ich Frau Dr. med. vet. Stephanie Steigmeier-Raith ganz besonders für ihre große Hilfe im Rahmen der Bedienung und Auswertung der computerisierten Ganganalyse.

Ebenfalls möchte ich mich bei Herrn Priv.- Dozent Dr. S. Reese für die Hilfe bei der statistischen Auswertung der Daten bedanken.

Des Weiteren danke ich dem gesamten Team der chirurgischen Kleintierklinik für ihre Unterstützung.

Ich bedanke mich beim Arbeitskreis für veterinärmedizinische Orthopädie e.V. für die Unterstützung meiner Dissertation.

Abschließend möchte ich meiner Ehefrau und meinen Eltern für Ihre immerwährende Unterstützung, auch in schwierigen Phasen, sehr herzlich danken.

All dies war für die Anfertigung der Arbeit unerlässlich.