Aus dem Department für Kleintiere und Pferde

der Veterinärmedizinischen Universität Wien

Klinik für Kleintierchirurgie, Augen- und Zahnheilkunde

(interimistische Leitung: Ass. Prof. Dr. Britta Vidoni)

Retrospektive Evaluierung der Resultate nach Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO) zur Stabilisierung eines kranialen Kreuzbandrisses beim Hund, unter Verwendung vergleichbarer winkelstabiler Plattensysteme

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von

Gregor Schweng

Wien, November 2020

Betreuerin

Dr. med. vet. Eva Schnabl-Feichter, Dipl. ECVS

Gutachter

Univ.-Doz. Dr. med. vet. Wolfgang Henninger, Dipl. ECVDI

Danksagung

Ein herzliches Dankeschön geht an meine Betreuerin, Fr. Dr. med. vet. Eva Schnabl-Feichter, Dipl. ECVS, für die stets schnelle fachliche Hilfe bei der Erstellung dieser Diplomarbeit.

Ebenfalls ein großes Dankeschön möchte ich an Hr. Dr. rer. nat. Alexander Tichy für die Unterstützung bei den statistischen Auswertungen dieser Arbeit richten.

Zuletzt möchte ich auch meiner Familie für die Ermöglichung dieses Studiums sowie die stetige Unterstützung danken.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 1
2. Literaturübersicht 2
    2.1. Biomechanik des Kniegelenks 2
        2.1.1. Biomechanische Grundlagen 2
        2.1.2. Kinematik des Kniegelenks 3
        2.1.3. Biomechanische Modelle des Kniegelenks 5
            2.1.3.1. Passives Modell 5
            2.1.3.2. Aktives Modell 7
    2.2. Ruptur des kranialen Kreuzbandes 8
        2.2.1. Akut traumatischer Kreuzbandriss 8
        2.2.2. Progressiv degenerativer Kreuzbandriss 9
        2.2.3. Publizierte epidemiologische Häufigkeiten des kranialen Kreuzbandrisses 10
    2.3. Kreuzbandriss assoziierte Meniskusläsionen 12
    2.4. Tibial Plateau Leveling Osteotomy 15
        2.4.1. Messung des Tibiaplateauwinkels 15
        2.4.2. Durchführung einer TPLO 16
    2.5. TPLO Platten 18
        2.5.1. Allgemeines zu Osteotomieplatten und Schrauben 18
        2.5.2. Vorteile Winkelstabiler-Platten 19
        2.5.3. TPLO Platten 19
            2.5.3.1. Vergleich der Platten von DePuy Synthes und Arthrex® VetSystems 20
    2.6. Bisher publizierte Resultate nach TPLO 21
        2.6.1. Klinische Resultate 21
        2.6.2. Radiologische Resultate 22
    2.7. Bisher publizierte Komplikationen und Komplikationsraten 23
3. Material und Methoden 27
    3.1. Datenerfassung 27
        3.1.1. Patienten 27
        3.1.2. Chirurgische Behandlung 28
        3.1.3. Klinische Kontrolluntersuchungen 28
        3.1.4. Röntgenologische Kontrolluntersuchungen 29
        3.1.5. Komplikationen 30

3.2. Statistische Auswertung 31
3.2.1. Patienten Daten 31
3.2.2. Klinische Resultate 32
3.2.3. Radiologische Resultate 32
3.2.4. Komplikationen 33
4. Ergebnisse 34
4.1. Epidemiologische Daten 34
4.1.1. Geschlechts-, Alters und Gewichtsverteilung 34
4.1.2. Rasse 34
4.2. Kreuzbandriss 35
4.3. Meniskusläsionen 37
4.4. Klinische Kontrolluntersuchungen 39
4.5. Radiologische Kontrolluntersuchungen 41
4.6. Komplikationen 45
5. Diskussion 49
6. Zusammenfassung 55
7. Summary 56
8. Literaturverzeichnis 57
9. Anhang 61
9.1. Abkürzungsverzeichnis 61
9.2. Abbildungsverzeichnis 62
9.3. Tabellenverzeichnis 63

1. Einleitung

Der kraniale Kreuzbandriss ist eine der häufigsten orthopädischen Erkrankungen der Hinterextremität beim Hund. Mittlerweile gibt es zahlreiche chirurgische Stabilisierungstechniken, wie etwa intra-, extra- und transartikuläre Techniken. Einen weiteren großen Anteil stellen die Umstellungsosteotomien dar, zu denen die Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO) gezählt wird.
Bei dieser, in den 1990er Jahren durch Devine Slocum (Slocum und Slocum 1993) entwickelten Operationstechnik, handelt es sich um ein Verfahren, welches die biomechanischen Gegebenheiten im Kniegelenk derart verändert, dass Kräfte, die normalerweise das kraniale Kreuzband limitieren, neutralisiert werden. Für diese Technik gibt es eine Reihe an verschiedenen Plattensystemen, welche in winkelstabil und nicht-winkelstabil unterteilt werden.

An der Veterinärmedizinischen Universität Wien kommen in den letzten Jahren hauptsächlich die winkelstabilen Platten der Firmen DePuy Synthes und in neuerer Zeit Arthrex® VetSystems zum Einsatz. Die neuere Arthrex Platte wirbt mit einigen Verbesserungen, unter anderem einer nach kaudal gebogenen Form, Markierungen im Bereich der zu setzenden Osteotomie sowie die Möglichkeit einen zusätzlich stabilisierenden Antirotationsfaden zu verankern, welche die Operation erleichtern und die Erfolgschancen weiter erhöhen soll.

Das Ziel dieser Diplomarbeit ist es, durch eine retrospektive Evaluierung der Daten des Tierspitalinformationssystems (TIS), im Zeitraum vom 01.01.2013 bis 01.01.2020, herauszufinden, ob die Ergebnisse der TPLO in Anbetracht der beiden verschiedenen winkelstabilen Plattensysteme, in Bezug auf klinische Präsentation und radiologische Erscheinungen sowie Komplikationen, vergleichbar mit den bisher veröffentlichten Daten sind. Demnach lautet die Hypothese dieser Arbeit, dass die Verwendung einer winkelstabilen 3.5 mm Platte (DePuy Synthes oder Arthrex® VetSystems) zur Stabilisierung eines kranialen Kreuzbandrisses beim Hund mittels Tibial Plateau Leveling Osteotomy, zu vergleichbaren klinischen und radiologischen Ergebnissen führt, wie sie in der Literatur beschrieben sind. In weiterer Folge wird zusätzlich dieselbe oder eine geringere Komplikationsrate, als die bisher publizierten 12.5 % (Kowaleski et al. 2013) erwartet.

2. Literaturübersicht

2.1. Biomechanik des Kniegelenks

Das Kniegelenk (*Articulatio genus*) besteht aus dem Kniekehlgelenk (*Articulatio femorotibialis*) sowie dem Kniescheibengelenk (*Articulatio femoropatellaris*) und stellt somit ein zusammengesetztes Gelenk (*Articulatio composita*) dar (Salomon et al. 2015).
Beim Kniekehlgelenk handelt es sich um ein bikondyläres Gelenk, welches von den Kondylen des *Os femoris* und der *Facies articularis proximalis* der *Tibia* gebildet wird und als Spiralgelenk fungiert. Die Inkongruenz der beiden Gelenkflächen wird durch die beiden Menisken, *Meniscus medialis* und *Meniscus lateralis*, ausgeglichen. Aufgrund dieser Konstruktion sind neben Beugung und Streckung, auch Gleit- und Drehbewegungen möglich (Salomon et al. 2015).
Das Kniescheibengelenk ist ein sogenanntes Schlittengelenk und wird von der *Trochlea ossis femoris* und der Kniescheibe (*Patella*) gebildet (Salomon et al. 2015).
Die Bandstrukturen des Kniegelenks umfassen die Meniskenhaltebänder, die Seitenbänder sowie die Kreuzbänder. Die Kreuzbänder (*Ligamenta cruciata genus*) liegen innerhalb der Gelenkskapsel und werden in ein kraniales (*Ligamentum cruciatum craniale*) und ein kaudales Kreuzband (*Ligamentum cruciatum caudale*) unterteilt (Salomon et al. 2015).
Das kraniale Kreuzband nimmt seinen Ursprung am kaudalen Aspekt des *Condylus lateralis femoris* und inseriert nach diagonalen Verlauf durch die *Fossa intercondylaris* an der *Area intercondylaris cranialis tibiae*. Das kaudale Kreuzband verläuft zwischen dem *Condylus medialis femoris* und der *Area intercondylaris caudalis tibiae* bzw. der *Incisura poplitea*. Dabei weist es einen kaudodistalen Verlauf auf und kommt an der Kreuzung mit dem kranialen Kreuzband medial dessen zu liegen (Salomon et al. 2015).

2.1.1. Biomechanische Grundlagen

Jedes Gelenk des Körpers bildet mit seinen dazugehörigen Knochenpartnern einen Hebel, welcher aus einem Drehzentrum, auch „Center of Rotation“ genannt, und aus einem oder mehreren Hebelarmen besteht. Auf einen solchen Hebel wirkt einerseits das Körpergewicht, kurz als Last bezeichnet, und andererseits eine Kraft, welche durch Muskelkontraktion und Bänder erzeugt wird. Je nachdem auf welchen Seiten Last und Kraft auf den Hebel einwirken,

unterscheidet man einarmige oder zweiarmige Hebel. Bei einem einarmigen Hebel wirken sowohl Last als auch Kraft auf derselben Seite des Drehzentrums, während sie bei einem zweiarmigen Hebel jeweils auf unterschiedlichen Seiten angreifen. Die meisten Gelenke des Körpers sind als einarmige Hebel ausgelegt, so auch das Kniegelenk (Hohmann 2018).
Drehmomente entstehen, wenn eine Kraft außerhalb des Drehzentrums einwirkt und werden durch Vektoren mit unterschiedlicher Größe und Richtung beschrieben. Die Summe der aus Kraft und Last resultierenden Vektoren bildet die „Gelenksresultierende Kraft“, auch „Joint Reaction Force“ genannt (Hohmann 2018).
Je nach anatomischer Bauweise kann ein Gelenk Bewegungen in verschiedenen Achsen des Raumes vollführen. Diese Bewegungen können in Rotations- und Translationsbewegungen eingeteilt werden. Bei einer Rotation handelt es sich um eine drehende Bewegung, um eine Gelenksachse. Dazu zählen die Flexion und Extension, die Adduktion und Abduktion sowie die Innen- und Außenrotation. Eine Translation beschreibt eine geradlinige, lineare Bewegung parallel zu einer Gelenksachse, bei der sich alle beteiligten Knochen stets im gleichen Abstand, in gleicher Richtung und in gleicher Geschwindigkeit zueinander befinden. Der Winkel der Gelenkpartner bleibt dabei konstant. Da viele Gelenke, wie auch das Kniegelenk, inkongruent sind, kommt es zu einer Kombination der verschiedenen Bewegungsformen. Die daraus resultierende Bewegungsform wird auch Rollgleiten genannt, bei der der Weggewinn primär durch das Rollen, also einer rotatorischen Bewegung, entsteht und das Gleiten, einer translatorischen Bewegung, einerseits den Weggewinn unterstützt und andererseits eine Luxation verhindert (Hohmann 2018).

2.1.2. Kinematik des Kniegelenks

Die primären Bewegungen des Kniegelenks umfassen Beugung und Streckung, auch als Flexion und Extension bezeichnet und finden in sagittaler Ebene statt. Aufgrund anatomischer Gegebenheiten, nämlich der Form der *Femurkondylen* und der dadurch resultierenden Inkongruenz, den Menisken sowie der Bandstrukturen, werden die primären Bewegungen durch Rotationsbewegungen zwischen *Femur* und *Tibia* in transversaler Ebene ergänzt (McLeod 1985, Dye und Cannon 1988, Johnston und Tobias 2018).
Die Bandstrukturen, Kollateralbänder und Kreuzbänder, fungieren als wichtige Begrenzer des Bewegungsumfanges des Kniegelenks. In Extension sind das mediale und laterale Kollateralband gespannt und wirken somit als primäre Stabilisatoren und limitieren die Innen- und Außenrotation. Kommt es nun zu einer Beugung des Kniegelenks, so kommen sich

Ursprung und Ansatz des lateralen Kollateralbandes näher, resultierend in Entspannung desselben. Im Gegensatz dazu bleibt der Großteil des medialen Kollateralbandes gespannt. Aufgrund dieser Umstände verlagert sich die laterale Femurkondyle in Bezug zur lateralen Tibiakondyle nach kaudal, mit konsekutiver Innenrotation der *Tibia*. Umgekehrt wird bei Extension das laterale Kollateralband gespannt und zieht die laterale Femurkondyle in Bezug zur lateralen Tibiakondyle nach kranial, wodurch die *Tibia* wieder nach außen rotiert (Vasseur und Arnoczky 1981, Johnston und Tobias 2018).

Durch die nockenähnliche Form der Femurkondylen kommt es bei Flexion und Extension zu einer kranio-kaudalen Translation der *Tibia*. Diese wird durch die Kreuzbänder begrenzt. Das kraniale Kreuzband, welches sich in ein kraniomediales und kaudolaterales Bündel unterteilen lässt, limitiert dabei die kraniale Translation der *Tibia* sowie zusätzlich die Hyperextension des Kniegelenks. Während das kraniomediale Bündel sowohl in Flexion als auch Extension gespannt ist, ist der kaudolaterale Anteil nur in Extension gespannt und erschlafft bei Flexion. Das kaudale Kreuzband begrenzt die kaudale Translation der *Tibia*. Auch dieses lässt sich in zwei Bestandteile unterteilen, einen größeren kranialen und einen kleineren kaudalen Abschnitt. Der kraniale Abschnitt ist in Flexion gespannt und in Extension schlaff, während der kaudale Abschnitt in Flexion erschlafft und bei Extension gespannt wird. Aufgrund der Tatsache, dass sich kraniales und kaudales Kreuzband in ihrem Verlauf umeinander winden, sind sie an der Limitation der Innenrotation beteiligt. Keines der beiden Bänder wirkt jedoch als Begrenzer einer Außenrotation (Arnoczky et al. 1977, Welch Fossum 2009, Johnston und Tobias 2018).

Das Kniegelenk lässt zusätzlich leichte Varus und Valgus Stellungen zu, welche ebenfalls durch die Bandstrukturen limitiert werden. In Extension wird eine Valgus Stellung durch das mediale Kollateralband limitiert, während das laterale Kollateralband und das kraniale Kreuzband eine übermäßige Varus Stellung verhindern. Bei einer Flexion von 90° limitieren beide Kollateral- und Kreuzbänder eine Valgus Stellung, eine Varus Stellung wird durch das laterale Kollateralband und die beiden Kreuzbänder limitiert (Monahan et al. 1984, Johnston und Tobias 2018).

Aufgrund der oben genannten Kinematik kann das Kniegelenk Bewegungen innerhalb gewisser Grenzen vollführen. Die Wegstrecke zwischen den natürlichen Begrenzungen wird als Freiheitsgrade, beziehungsweise „Range of Motion“ (ROM) bezeichnet (Tab. 1) (Hohmann 2018).

Tab. 1: Freiheitsgrade des Kniegelenks (Hohmann 2018)

Freiheitsgrad	**Winkel**
Normalstellung	125–135°
Extension	155–165°
Flexion	38–45°
Abduktion	bis 20°
Adduktion	bis 20°
Rotation	bis 22°

2.1.3. Biomechanische Modelle des Kniegelenks

Das Verständnis über die Biomechanik des Kniegelenks hat sich im Laufe der Zeit weiter entwickelt. So gab es ursprünglich das traditionelle Modell des Kniegelenks, welches auch als passives Modell bezeichnet wird. Dazu kam das aktive Modell, welches das Kniegelenk nicht mehr nur als Einzelgelenk betrachtete, sondern die Auswirkungen des Bewegungszyklus involvierte. Das Verständnis beider Modelle ist von Bedeutung, da sie wichtige Erkenntnisse, welche im Klinikalltag täglich Anwendung finden, liefern und entscheidend für die Prinzipien der chirurgischen Therapiemöglichkeiten sind (Slocum und Slocum 1993).

2.1.3.1. Passives Modell

Das passive Modell, auch als traditionelles Modell des Kniegelenks bezeichnet, berücksichtigt lediglich Strukturen, welche sich direkt im, beziehungsweise in direkter Umgebung des Kniegelenks, befinden und somit Einfluss auf die Kreuzbänder haben. In diesem Modell stellt das Kniegelenk eine zweidimensionale Knochenverbindung dar, welche sich nur mit einem Freiheitsgrad in einer Ebene des Raumes bewegen kann. Bänder sind definiert als Verbindung zwischen zwei Knochenpunkten und limitieren den Abstand dieser Punkte durch ihre Länge (Slocum und Slocum 1993). Daraus ergibt sich eine vier-gliedrige Verbindung, bestehend aus dem kranialen Kreuzband, dem kaudalen Kreuzband, dem Anteil des *Femurs*, welcher die Ursprünge der Kreuzbänder verbindet und dem Anteil der *Tibia*, welcher die Ansätze der Kreuzbänder verbindet (Abb. 1). Die Stabilität des Kniegelenks ist alleinig abhängig von den Bändern (Slocum und Slocum 1993).

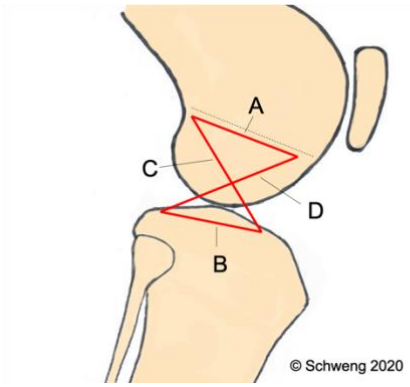

Abb. 1: Bestandteile des Passiven Modell des Kniegelenks. A – Anteil der vier-gliedirgen Verbidnung welche die Ursprünge der Kreuzbänder verbindet, B – Anteil welcher die Ansätze der Kreuzbänder verbindet, C – kraniale Kreuzband, D – kaudales Kreuzband

In diesem Modell wird die Beugung durch den Kontakt des Oberschenkels mit dem Unterschenkel, also zwischen *Femur* und *Tibia*, limitiert, die Extension hingegen durch den Kontakt des kranialen Kreuzbandes mit dem kranialen Aspekt der *Fossa intercondylaris ossis femoris* (Abb. 2) (Slocum und Slocum 1993).

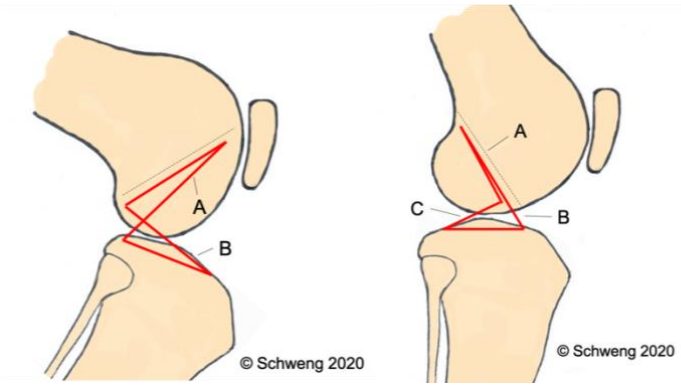

Abb. 2: Begrenzung der Beugung und Streckung des Kniegelenks anhand des Passiven Modells. links: A - kaudales Kreuzband, B – kraniales Kreuzband, rechts: A – kranialer Aspekt der *Fossa intercondylaris ossis femoris*, B – kraniales Kreuzband, C – kaudales Kreuzband

Bei einer Hyperextension des Kniegelenks kommt es aufgrund der geringeren Widerstandsfähigkeit, im Vergleich zu Knochengewebe, zu einer Dehnung oder Ruptur des kranialen Kreuzbandes (Abb. 3) (Slocum und Slocum 1993).

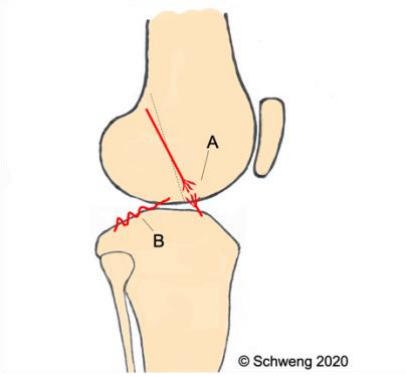

Abb. 3: Kreuzbandriss durch Hyperextension des Kniegelenks. A – rupturiertes kraniales Kreuband, B – intaktes aber schlaffes kaudales Kreuzband

Das traditionelle Modell erklärt die Möglichkeit der kranialen Translation der *Tibia* in Bezug zum *Femur*, wenn das kraniale Kreuzband rupturiert. Dieses Phänomen wird als „kraniale Schublade“ bezeichnet und stellt ein wichtiges klinisches Zeichen im orthopädischen Klinikalltag dar (Slocum und Slocum 1993).
Die jedoch häufiger vorkommenden partiellen oder kompletten Kreuzbandrisse, welche nicht aufgrund Hyperextension des Kniegelenks, sondern in Folge eines Traumas, einer degenerativen Gelenkserkrankung oder unbekannter Genese, entstanden sind, können anhand dieses Modells nicht erklärt werden (Slocum und Slocum 1993).

2.1.3.2. Aktives Modell

Das aktive Modell ist eine Erweiterung des bekannten passiven Modells und inkludiert neben den passiven Stabilisatoren (Bänder, Knochen, Gelenkskapsel) auch Kräfte, welche durch Muskeln und das Körpergewicht entstehen (Slocum und Slocum 1993).
Muskelkräfte sind für die Bewegung verantwortlich, indem sie Gelenke beugen oder strecken. Wenn sich ihre Extensions- und Flexions-Momente um das Drehzentrum des Gelenks ausgleichen, wirken sie jedoch gelenksstabilisierend. Während der Standbeinphase des Bewegungszyklus sorgen vor allem die Kniegelenksstrecker, die Sprunggelenksstrecker und der gemeinsame Fersensehnenstrang (*Tendo calcaneus communis*) dafür, dass das Bein nicht in sich kollabiert (Slocum und Slocum 1993, Salomon et al. 2015).
Bei Bodenkontakt kommt es aufgrund der Gewichtskraft und der Extensor-Muskulatur des Beins zu einer Kompression der *Tibia*. Solange diese Kompression auf der gedachten Linie zwischen den Drehzentren des Knie- und Sprunggelenks stattfindet, befindet sich das

Konstrukt im Gleichgewicht. Aufgrund der Anatomie der proximalen *Tibia* und der Tatsache, dass der Kontaktpunkt zwischen *Femur* und *Tibia* jedoch kranial der eben beschriebenen gedachten Linie liegt, kommt es zu einer kranialen Translation der *Tibia* in Bezug zum *Femur*. Diese kraniale Translation, auch als „Cranial Tibial Thrust" bezeichnet, wird im gesunden Knie durch die Kniegelenksbeuger (kaudale Oberschenkelmuskulatur), dem kranialen Kreuzband und dem kaudalen Horn des medialen Meniskus begrenzt. Der „Cranial Tibial Thrust" ist nicht nur abhängig von der Größe der Kompression, sondern auch vom Winkel des Tibialplateaus. Durch Veränderung des Tibiaplateauwinkels kann die kraniale Translation reduziert werden (Slocum und Slocum 1993).
Dieses Phänomen macht sich der sogenannte „Tibiakompressionstest" zunutze. Er stellt eine wichtige Provokationsprobe des orthopädischen Untersuchungsgangs dar. Bei leicht gebeugtem Knie wird durch Beugung des Sprunggelenks eine Kompression der *Tibia* erzeugt. Wenn das kraniale Kreuzband rupturiert ist, kann man die kraniale Translation der proximalen *Tibia* in Bezug zum *Femur* beobachten (Baumgartner und Wittek 2018).

2.2. Ruptur des kranialen Kreuzbandes

Der kraniale Kreuzbandriss gehört zu einer der häufigsten orthopädischen Erkrankungen der Hinterextremität des Hundes. Die Ursachen sind in den meisten Fällen traumatisch bedingt oder aufgrund einer progressiven Degeneration des Kreuzbandes. Dabei kann aus einer progressiven Degeneration, durch ein sogenanntes Bagatelltrauma auch schnell eine traumatische Ruptur entstehen. Eine dritte Möglichkeit stellt der Ab- oder Ausriss des Bandes an dessen Ursprung beziehungsweise Ansatz dar, welcher vermehrt bei Jungtieren beobachtet werden kann. Grundlegend kann der Kreuzbandriss in komplette oder partielle Rupturen unterteilt werden (Welch Fossum 2009).

2.2.1. Akut traumatischer Kreuzbandriss

Die Ursachen eines akut traumatischen Kreuzbandrisses umfassen eine exzessive Belastung des Kniegelenks, übermäßige Hyperextension sowie Innenrotation der *Tibia*. Er geht mit hoher Schmerzhaftigkeit, massiver Lahmheit und erhöhter Kniegelenksinstabilität einher. Darüber hinaus lässt sich meist eine deutliche Kniegelenksfüllung feststellen. Bei einem akut traumatischen Kreuzbandriss kommt es meist zu einer unilateralen, also nur einseitigen,

Ruptur, anders als bei der progressiv degenerativen Form (Welch Fossum 2009, Johnston und Tobias 2018).

Ebenfalls zu den akut traumatischen Kreuzbandrissen wird die Avulsion, oder Ausriss, des Kreuzbandes gezählt. Es beschreibt das Szenario, dass nicht das Band selbst rupturiert, sondern es an seinem Ursprung beziehungsweise Ansatz ausreißt. Ursache dafür ist, dass in jungen, immaturen Tieren, die *Sharpey-Fasern* oft stärker sind als der Knochen selbst. Bei einer übermäßigen Krafteinwirkung kann es darauffolgend zu einem Ausriss eines kleinen Stückes Knochen vom *Femur* oder der *Tibia* kommen. Die Avulsion an der *Tibia* wird hierbei häufiger beobachtet. Wie bereits beschrieben tritt dieses Phänomen hauptsächlich bei Jungtieren auf (Johnston und Tobias 2018).

2.2.2. Progressiv degenerativer Kreuzbandriss

Kreuzbänder bestehen aus Kollagenen Fasern, wobei Kollagen Typ I den Hauptanteil bildet. Ein weiterer kleinerer Bestandteil ist Kollagen Typ III. Kollagen Fibrillen sind in wellenförmiger oder gekräuselter Struktur angeordnet, wodurch bei Belastung ein gewisses Maß an Dehnung gewährleistet wird. Den zellulären Hauptbestandteil bilden Fibroblasten. Die schwache Blutgefäßversorgung der Kreuzbänder entstammt hauptsächlich aus dem periligamentösen Gewebe (Hayashi et al. 2004).
Die Pathogenese des progressiv degenerativen Kreuzbandrisses ist nicht eindeutig geklärt. Histologische Untersuchungen zeigten jedoch Veränderungen auf zellulärer Ebene und der extrazellulären Matrix. Diese umfassen vor allem die Verringerungen der Anzahl an Fibroblasten und einen Verlust der Erhaltungsfähigkeit kollagener Fasern. Als Ursache für dieses „Remodeling“ werden Gelenksentzündungen, mechanische Überbelastung, Mikroläsionen der Bandstrukturen sowie Ischämie angenommen. Weiteres wurde das Enzym, Cathepsin K, aus der Klasse der Proteasen, in rupturierten Kreuzbändern lokalisiert, dessen Hauptsubstrat Kollagen Typ I darstellt und demnach kollagenolytisch wirkt (Hayashi et al. 2004).
Degenerative Kreuzbandrisse beruhen zusammenfassend auf einer Abnahme der Materialeigenschaften und sind im Unterschied zu einer akuten Ruptur des kranialen Kreuzbandes oft bilateral zu finden. Die Inzidenz für einen kontralateralen Kreuzbandriss wird mit 22—54 % beschrieben (Vasseur et al. 1985, Johnston und Tobias 2018).

2.2.3. Publizierte epidemiologische Häufigkeiten des kranialen Kreuzbandrisses

In der Literatur lassen sich bestimmte Geschlechts-, Alters-, Gewichts- und Rasseprädispositionen bezüglich der Entwicklung eines kranialen Kreuzbandrisses finden.
Beim Geschlecht ist ein klarer Trend zu einer erhöhten Prävalenz bei kastrierten Tieren zu beobachten. Ein Kreuzbandriss kommt bei weiblich und männlich Kastrierten somit signifikant häufiger vor. Bei kastrierten Weibchen werden Häufigkeiten zwischen 35.0 % und 56.0 % und bei kastrierten Männchen zwischen 32.4 % und 55.7 % beschrieben (Lampman et al. 2003, Fitzpatrick und Solano 2010, Guthrie et al. 2012, Chiu et al. 2019). Harasen beobachtete zusätzlich in seiner Studie aus 2003 eine Geschlechtsprädisposition in bestimmten Gewichtsklassen. So beschreibt er in einer Gewichtsklasse von mehr als 15 kg eine erhöhte Prävalenz für weiblich und weiblich-kastrierte Tiere, während bei einer Gewichtsklasse von weniger als 15 kg, die Häufigkeit bei männlich und männlich-kastrierten Hunden steigt (Harasen 2008).
Das Durchschnittsalter beim Auftreten eines kranialen Kreuzbandrisses variiert in der Literatur zwischen 3.8—7.4 Jahren (Lampman et al. 2003, Harasen 2008, Witsberger et al. 2008, Fitzpatrick und Solano 2010, Guthrie et al. 2012, Coletti et al. 2014, Chiu et al. 2019). Große, schwere Hunde neigen bereits in jüngerem Alter zur Entwicklung eines kranialen Kreuzbandrisses. So publizierten Chiu et al. bei einem Durchschnittsgewicht von 56.7±9.4 kg, ein Durchschnittsalter von 3.8±1.7 Jahren (Chiu et al. 2019).
Übergewichtige und fettleibige Tiere sind häufiger vertreten als normal beziehungsweise untergewichtige Tiere. In einer Studie von Lampman et al. aus 2003 waren von 755 Hunden mit kranialem Kreuzbandriss 40.4 % übergewichtig und 8.9 % fettleibig (Lampman et al. 2003). Einen Überblick über die Geschlechts-, Alters- und Gewichtsverteilungen der einzelnen Studien sind in Tab. 2 zusammengefasst.

Tab. 2: Geschlechts-, Alters- und Gewichtsverteilung beim kranialen Kreuzbandriss des Hundes

Studie	Anzahl (n)	Geschlecht				Alter (in Jahren)	Durchschnitts-Gewicht (in kg)
		w.	w.k.	m.	m.k.		
Lampman et al. 2003	755	2.3 %	56.0 %	4.0 %	38.0 %	6.6	40.4 % Übergewicht 8.9% Adipositas
Coletti et al. 2014	1231	-	-	-	-	5.4±2.6	37.3±11.0

Fitzpatrick und Solano 2010	1000	12.7 %	35.0 %	13.3 %	39.0 %	5.6	32
Chiu et al. 2019	287	0.8 %	36.2 %	7.3 %	55.7 %	3.8±1.7	56.7±9.4
Guthrie et al. 2012	426	9.1 %	43.9 %	14.6 %	32.4 %	4.3	-
Witsberger et al. 2008	31 698	Kastrierte erhöhte Prävalenz				> 4	-

w.—Weiblich intakt, w.k.—Weiblich kastriert, m.—Männlich intakt, m.k.—Männlich kastriert

Zu den häufigsten Rassen, welche einen kranialen Kreuzbandriss entwickeln, gehören Labrador Retriever (Lampman et al. 2003, Harasen 2008, Witsberger et al. 2008, Fitzpatrick und Solano 2010, Comerford et al. 2011, Guthrie et al. 2012, Coletti et al. 2014, Chiu et al. 2019), Golden Retriever (Lampman et al. 2003, Fitzpatrick und Solano 2010, Guthrie et al. 2012, Coletti et al. 2014), Rottweiler (Lampman et al. 2003, Harasen 2008, Witsberger et al. 2008, Fitzpatrick und Solano 2010, Comerford et al. 2011, Guthrie et al. 2012, Coletti et al. 2014, Chiu et al. 2019), Deutscher Schäferhund (Lampman et al. 2003, Harasen 2008, Fitzpatrick und Solano 2010, Chiu et al. 2019), Boxer (Lampman et al. 2003, Witsberger et al. 2008, Fitzpatrick und Solano 2010, Comerford et al. 2011, Guthrie et al. 2012) und Neufundländer (Witsberger et al. 2008, Fitzpatrick und Solano 2010, Comerford et al. 2011).
Bei den kleinen Rassen unter 15 kg Körpergewicht sind der Bichon frise (Lampman et al. 2003, Harasen 2008), Cocker Spaniel (Lampman et al. 2003, Harasen 2008), Pudel (Harasen 2008) und Lhasa Apso (Harasen 2008) beziehungsweise Kreuzungen dieser Rassen häufig vertreten (Harasen 2008).
Rottweiler weisen eine signifikant höhere Inzidenz zur Entwicklung eines bilateralen Kreuzbandrisses auf, als andere Rassen. So entwickeln 69 % innerhalb von 2 Jahren, ab der Erstpräsentation, ebenfalls an der kontralateralen Extremität einen kranialen Kreuzbandriss (Guthrie et al. 2012).
Eine prozentuelle Verteilung der häufigsten Rassen ist in Tab. 3 dargestellt.

Tab. 3: Prozentuelle Verteilung der häufigsten Rassen mit Kreuzbandriss

Rasse	**Studie**				
	Lampman et al. 2003	Coletti et al. 2014	Chiu et al. 2019	Harasen 2008	Guthrie et al. 2012
	n = 755	n = 1231	n = 287	n = 328	n = 426
Labrador Retriever	16.0 %	29.7 %	13.2 %	11.4 %	16.0 %
Golden Retriever	6.0 %	7.0 %	-	-	12.0 %
Rottweiler	9.7 %	5.3 %	12.2 %	10.7 %	15.0 %
Deutscher Schäferhund	2.9 %	-	8.7 %	7.6 %	-

2.3. Kreuzbandriss assoziierte Meniskusläsionen

Meniskusschäden sind häufig mit einem kranialen Kreuzbandriss assoziiert. Die Inzidenz variiert zwischen 33.2—77 % (Williams et al., Ralphs und Whitney 2002, Casale und McCarthy 2009, Tobias und Johnston 2011).
Überwiegend ist der mediale Meniskus betroffen, in der Literatur mit einer Läsionshäufigkeit von 33—72 % beschrieben (Lampman et al. 2003, Plesman et al. 2013, Coletti et al. 2014, Dillon et al. 2014, Ritzo et al. 2014, Chiu et al. 2019).
Die Wahrscheinlichkeit einer medialen Meniskusläsion ist um 9.6 mal höher, wenn es sich um einen kompletten Kreuzbandriss handelt, im Vergleich zu einer partiellen Ruptur (Dillon et al. 2014).

Voll funktionsfähige Menisken sind für das Kniegelenk von großer Bedeutung, da sie entstehende Kräfte dämpfen und einen wichtigen Beitrag zur Stabilität, Schmierung und Schutz des Gelenkes leisten (Dillon et al. 2014).
Der Mechanismus für die Entstehung einer Meniskusläsion liegt in der abnormalen Bewegungsmöglichkeit des unter einem vorderen Kreuzbandriss leidenden Gelenks. Die Menisken werden während der kranialen Translation zwischen der *Tibia* und dem *Femur* eingeklemmt und unterliegen demnach großen Scher- und Kompressionskräften. Besonders ist hierbei das Kaudalhorn des medialen Meniskus betroffen (Abb. 4) (Ralphs und Whitney 2002, Dillon et al. 2014, Johnston und Tobias 2018).

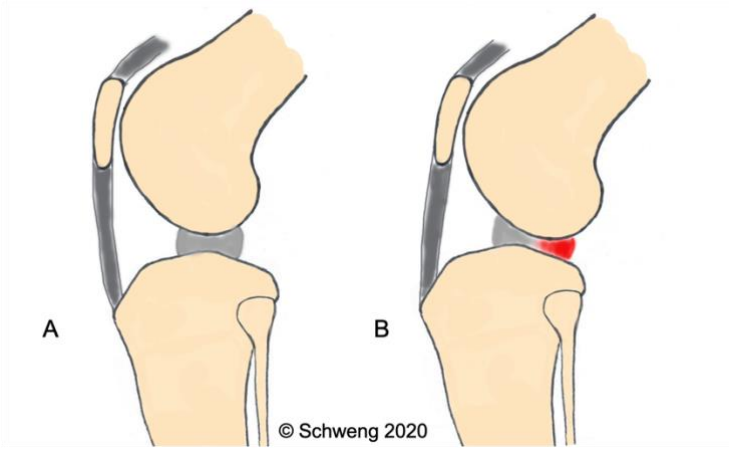

Abb. 4: Pathogenese einer Meniskusläsion. A – gesundes Kniegelenk. B – Während der kranialen Translation der *Tibia* wird das kaudale Horn des medialen Meniskus zwischen *Tibia* und *Femur* eingeklemmt und unterliegt großen Scher- und Kompressionskräften.

Häufig beobachtete Meniskusläsionen sind einfache Korbhenkelrisse, longitudinale Risse, Radiale Risse und interstitielle Risse (Ritzo et al. 2014). Eine Übersicht ist in Tab. 4 dargestellt.

Tab. 4: Meniskusläsionen Häufigkeiten und Lokalisationen

Studie	**Anzahl (n)**	**Meniskusläsion**
Chiu et al. 2019	287 Hunde (342 Kniegelenke)	34.5 % Mediale Meniskusläsion
Ritzo et al. 2014	160 Hunde (223 Kniegelenke)	72 % Meniskusläsion - 28 % Korbhenkelrisse - 8 % Longitudinale Risse - 8 % Radiale Risse - 18 % Interstitielle Risse - 22 % komplexe Risse
Dillon et al. 2014	80 Kniegelenke	33 % Mediale Meniskusläsion
Coletti et al. 2014	1231 Hunde (1519 Kniegelenke)	58 % Mediale Meniskusläsion
Plesman et al. 2013	430 Hunde (531 Kniegelenke)	44.4 % Meniskus-Risse
Lampman et al. 2003	755 Hunde	45 % Meniskus-Läsionen - davon 99 % medial - mindestens 50 % Kaudalhorn - 35—38 % Korbhenkelriss

Unterschieden werden Meniskusläsionen nach dem Zeitpunkt des Auftretens. Zum Einen gibt es Meniskusschäden, welche gleichzeitig mit dem Kreuzbandriss auftreten (Primäre

Meniskusläsionen) und zum Anderen jene, welche sich erst im Nachhinein, aufgrund eines Kreuzbandrisses, entwickeln (Sekundäre Meniskusläsionen) (Fitzpatrick und Solano 2010, Johnston und Tobias 2018).

Hunde, welche bei der klinischen Untersuchung einen Schmerz während der Beugung des Kniegelenks zeigen, haben eine 4.3 mal höhere Wahrscheinlichkeit für eine mediale Meniskusläsion als jene, bei denen die Flexion nicht schmerzhaft ist. Des Weiteren ist der sogenannte „Meniskus-Klick“ ein wichtiger Hinweis auf das Vorliegen eines Meniskusschadens. So weisen Hunde bei denen ein „Meniskus-Klick“ hörbar ist, eine 11.3 mal höhere Wahrscheinlichkeit auf. Die diagnostische Genauigkeit der beiden klinischen Erscheinungen beträgt 76 % (Dillon et al. 2014).

Zur exakten Diagnose einer Meniskusläsion eignet sich eine Arthroskopie besser, als eine Arthrotomie. Die Wahrscheinlichkeit eine Läsion zu finden ist um den Faktor 1.54—1.9 höher, wenn eine Arthroskopie durchgeführt wird (Plesman et al. 2013, Ritzo et al. 2014).

Die Diagnose und Therapie primärer Meniskusläsionen ist entscheidend für den klinischen Erfolg einer chirurgischen Kreuzbandriss Versorgung. Der Langzeiterfolg bei Diagnose und Therapie einer zusätzlichen primären Meniskusläsion ist um den Faktor 1.3 besser, als wenn diese nicht erkannt werden. Kann bei der Operation kein primärer Meniskusschaden diagnostiziert werden, so ist die Wahrscheinlichkeit der Entwicklung einer sekundären Meniskusläsion 15.8 mal höher, als wenn zum Zeitpunkt der Operation bereits ein primärer Meniskusschaden vorlag (Ritzo et al. 2014).
Therapeutisch eingesetzt werden ein Meniskus-Release (beschreibt die komplette Durchtrennung des medialen Meniskus, entweder im Bereich des Meniskuskörpers kaudal des medialen Kollateralbandes oder im Bereich des *Lig. meniscotibiale* (Pozzi et al. 2006)) sowie partielle oder komplette Meniskektomien. Die Häufigkeit sekundärer Meniskusläsionen ist signifikant höher, wenn kein Meniskus-Release durchgeführt wird, im Vergleich zu jenen mit Meniskus-Release (Ritzo et al. 2014).
Die Technik der Kreuzbandoperation hat keinen Einfluss auf die Ausbildung sekundärer Meniskusläsionen, während die Diagnose und Therapie von primären Meniskusschäden einen deutlichen Einfluss auf das klinische Resultat und die Ausbildung sekundärer Meniskusläsionen haben (Ritzo et al. 2014).

2.4. Tibial Plateau Leveling Osteotomy

Bei der Therapie des kranialen Kreuzbandrisses beim Hund gibt es zahlreiche chirurgische Verfahren. Im Wesentlichen unterscheidet man zwischen intrakapsulären Stabilisierungstechniken, wie etwa die „Over-the-top“-Methode, extrakapsulären Techniken, zu denen die laterale Fadenzügelung, beispielsweise nach De Angelies, gezählt wird und sogenannte Korrekturosteotomien. In die Kategorie der Korrekturosteotomien fallen unter anderem die Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO), die Tibial Tuberosity Advancement (TTA) und die Keilosteotomie der *Tibia* (Tibia wedge osteotomy/TWO) (Welch Fossum 2009). Bei der TPLO wird durch Neigung des Tibiaplateaus, dessen Winkel derart reduziert, dass der „Cranial Tibial Thrust“ neutralisiert und somit die Funktion des kranialen Kreuzbandes relativiert wird (Abb. 5). Hierzu sollte ein postoperativer Tibiaplateauwinkel (TPA) von 5—7° erreicht werden (Welch Fossum 2009).

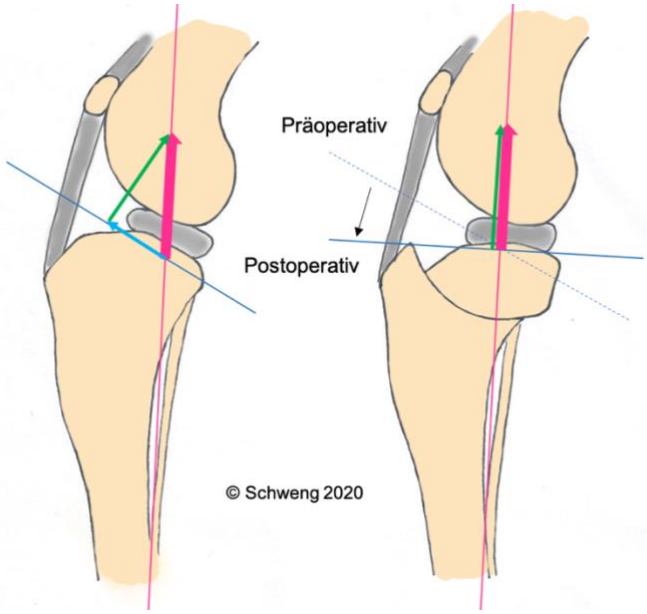

Abb. 5: Schema einer TPLO

2.4.1. Messung des Tibiaplateauwinkels

Zur Messung des präoperativen Tibiaplateauwinkels ist eine Röntgenaufnahme im medio-lateralen Strahlengang notwendig, auf welcher die distalen Femurkondylen, die gesamte *Tibia*

sowie das Tarsalgelenk abgebildet sein müssen. Wichtig ist eine exakte Lagerung, sodass sich die Femurkondylen und die Rollkämme des *Talus* überlagern (Welch Fossum 2009). Zunächst wird eine Linie vom Mittelpunkt der *Trochlea* des *Talus* durch die Mitte der *Eminentia intercondylaris tibiae* gelegt. Eine zweite Linie wird entsprechend dem Verlauf des Tibiaplateaus gezeichnet. Nun wird eine dritte Linie im rechten Winkel zu jener, welche vom *Talus* durch die *Eminentia intercondylaris* der *Tibia* geht, gelegt. Der Tibiaplateauwinkel kann nun zwischen dieser und der zweiten, parallel zum Tibiaplateau verlaufenden, Linie abgemessen werden (Abb. 6) (Welch Fossum 2009).

Abb. 6: Messung des Tibiaplateauwinkels (© Bildgebende Diagnostik/VMU Wien)

2.4.2. Durchführung einer TPLO

Im Wesentlichen gibt es verschiedene Methoden wie eine TPLO durchgeführt werden kann, welche sich im Ablauf und dem verwendeten Material, mit und ohne Verwendung eines TPLO-Jig, unterscheiden. Der Einfachheit halber, ist hier nur eine Methode mit Verwendung eines TPLO-Jig beschrieben.

Der Zugang zum Kniegelenk erfolgt von medial. Dazu wird ein Hautschnitt, beginnend etwa 3 cm proximal des Tibiaplateaus, nach distal bis etwa 5 cm unterhalb der *Crista tibiae* gesetzt. Folgend wird die Unterhaut durchtrennt, bis die Ansatzstelle des *Musculus* (M.) *sartorius*

dargestellt werden kann. Der kraniale Ansatz des *M. sartorius* wird durchtrennt, um anschließend den Muskel nach kaudal klappen zu können. Dadurch wird das mediale Kollateralband und die Medialfläche der *Tibia* dargestellt. In weiterer Folge wird der Ursprung des *M. popliteus* am kaudomedialen Aspekt der *Tibia* durchtrennt, um ihn anschließend von der Kaudalfläche der *Tibia* abpräparieren zu können. Der Muskel sowie die *Arteria* (A.) und *Vena* (V.) *poplitea*, werden durch Positionierung eines feuchten Tupfers zwischen Muskel und Knochen bei der Osteotomie geschützt (Welch Fossum 2009).

Die Positionierung des TPLO-Jig erfolgt zunächst proximal. Hierzu wird ein Pin proximokaudal der *Tibia*, im rechten Winkel zur Sagittalebene gesetzt, wobei der Pin die Kortikalis beider Tibiaseiten durchdringen sollte. Dieser Pin stellt später das Rotationszentrum des Tibiaplateaus dar. Im nächsten Schritt wird der TPLO-Jig zusammengesetzt und somit die Position für den distalen Jig-Pin eruiert. An dieser Stelle, wird nach einer kleinen Hautinzision und unter Schonung der *V. spahena medialis*, der distale Pin gesetzt (Welch Fossum 2009).

Nach Auswahl der richtigen Sägeblattgröße der biradialen TPLO Säge, wird diese senkrecht zum Knochen und parallel zu den Jig-Pins positioniert. Nach einem oberflächlichen Schnitt wird die Position der Osteotomie beurteilt. Hierbei wird einerseits darauf geachtet das der Knochen der *Crista tibiae* noch ausreichend stark ist, um eine Fraktur in diesem Bereich zu vermeiden und andererseits, dass der Austritt der Osteotomie an der Kaudalfläche der *Tibia* annähernd im rechten Winkel stattfindet. Zusätzlich wird der für die TPLO-Platte benötigte Platz beurteilt. Ist die Positionierung korrekt, so wird die Osteotomie fortgeführt. Während dem Sägen wird das Sägeblatt mit steriler Kochsalzlösung gekühlt. Die *Tibia* wird bis etwa 50 % durchtrennt (Welch Fossum 2009).

In weiterer Folge wird mit einem Osteotom an beiden Seite der Osteotomie eine Markierung für die Rotationsstrecke gesetzt. Die Strecke ergibt sich aus dem zuvor gemessenen Tibiaplateauwinkel und der verwendeten Sägeblattgröße und kann aus einer Tabelle abgelesen werden. Nun kann die Osteotomie fortgeführt werden (Welch Fossum 2009).

Ein Pin wird nach Vollendung der Osteotomie in das proximale Knochensegment, und zwar an dessen kranioproximomedialen Fläche, der *Tibia* eingebracht. Die Ausrichtung erfolgt distal, kaudal und medial. Bei diesem Pin handelt es sich um den Rotationspin (Welch Fossum 2009).

Das proximale Segment wird nun mithilfe des Rotationspins nach distal und kaudal rotiert, bis sich die zuvor gesetzten Markierungen erreicht haben. Die TPLO Platte wird in entsprechender Größe gegebenenfalls konturiert und an der medialen Seite angebracht. Die Fixation mittels

Schrauben beginnt im distalen Segment und wird anschließend im proximalen fortgeführt. Der Wundverschluss erfolgt in drei Schichten (Welch Fossum 2009).

2.5. TPLO Platten

2.5.1. Allgemeines zu Osteotomieplatten und Schrauben

Osteotomieplatten werden aus rostfreiem 316L-Stahl oder Titan gefertigt. Die Nomenklatur der Plattengröße richtet sich nach der Größe der zu verwendenden Schrauben. So werden beispielsweise für eine 3.5 mm Platte, 3.5 mm Schrauben verwendet (Welch Fossum 2009).
Eine Einteilung der Platten erfolgt nach deren Funktion und Bauart, wobei bei einer TPLO ausschließlich Kompressionsplatten zum Einsatz kommen (Welch Fossum 2009).
Plattenlöcher gibt es in verschiedensten Konfigurationen und stellen sich als rund oder länglich dar. Bei Platten mit länglichen Löchern handelt es sich um Kompressionsplatten, nämlich sogenannte „Dynamic Compression Plates“ (DCP/Spann-Gleitloch-Platten). Die Wirkung der Kompression wird durch das sphärische Gleitprinzip erreicht, bei dem das Schraubenloch abschüssig ist und die Schraube beim Festziehen in die Tiefe des Loches gleitet und dabei eine horizontale Bewegung des Knochens unter der Platte bewirkt. Die Knochensegmente werden hierbei zusammengedrückt und der Frakturspalt bzw. die Osteotomiestelle komprimiert. Eine weitere Variante einer Kompressionsplatte stellt die „Limited-Contact Dynamic Compression Plate“ (LC-DCP) dar. Hierbei kommt das sphärische Gleitprinzip auf beiden Seiten des Loches zum Einsatz. Zusätzliche Aussparungen an der Unterseite der Platte verringern die Kontaktfläche zwischen Knochen und Platte. Haben die Plattenlöcher ein Gewinde, so spricht man von „Locking Compression Plates“ (LCP/Verriegelungsplatten). Hat die dazugehörige Schraube ebenfalls ein Gewinde an dessen Schraubenkopf, so verankert sich die Schraube im Gewinde der Platte und erhält damit eine erhöhte Stabilität und eine vorgegebene Richtung. In diesem Fall spricht man von einer winkelstabilen Platte (Welch Fossum 2009).

Schrauben werden ebenfalls aus rostfreiem 316L-Stahl oder Titan gefertigt. Unterschieden werden Spongiosa- und Kortikalisschrauben. Kortikalisschrauben weisen ein durchgehendes Gewinde auf und haben einen größeren pitch (= Anzahl der Gewindedrehungen pro Inch) als Spongiosaschrauben. Spongiosaschrauben können mit einem durchgehenden Gewinde oder

nur zur Hälfte mit Gewinde versehen sein. Schrauben können gewindeschneidend, also selbstschneidend oder nicht-gewindeschneidend sein. Letztere setzen vor dem Einbringen das Schneiden eines Gewindes in den Knochen voraus. Kopfverriegelungsschrauben besitzen ein Gewinde auf dem Schraubenkopf und können demnach in einer entsprechenden Platte (LCP-Platte) verankert werden (Welch Fossum 2009).

2.5.2. Vorteile Winkelstabiler-Platten

Winkelstabile Platten haben einige Vorteile gegenüber nicht-winkelstabilen Systemen. Der Schraubenkopf verriegelt sich im entsprechenden Gewinde der Platte, wodurch eine gute Fixation von Platte und Knochen sichergestellt wird. Die Platten-Knochen-Reibung, zur stabilen Fixation, wird dadurch nicht mehr zur Notwendigkeit. Aufgrund dieser Tatsache wird ermöglicht, dass die Platte nicht exakt am Knochen anliegen muss und es demnach keiner genauen Konturierung der Platte bedarf. Anderseits wird der periostale Blutfluss nicht unterbrochen, da es zu keiner Kompression des Implantates an den Knochen kommt. Beim Anbringen der Platte ist demnach auch die Weichteilentfernung nicht mehr so entscheidend. Winkelstabile Systeme weisen vor allem in Knochen von schlechter Qualität eine erhöhte Stabilität, im Vergleich zu Nicht-Winkelstabilen Systemen, auf (Woodbridge et al. 2011).
Schrauben können sich in winkelstabilen Platten viel schwieriger bis gar nicht lösen, wodurch eine geringere Inzidenz an entzündlichen Komplikationen erreicht wird (AO Foundation 2020).

2.5.3. TPLO Platten

Osteotomieplatten für die TPLO gibt es von verschiedenen Herstellern. Eine Übersicht ist in Tab. 5 dargestellt. Unterschieden werden im Wesentlichen winkelstabile und Nicht-winkelstabile Platten. An der Veterinärmedizinischen Universität Wien kommen die winkelstabilen Platten der Firma DePuy Synthes und Arthrex® VetSystems zum Einsatz.

Tab. 5: Hersteller TPLO Platten

Winkelstabil	Nicht-Winkelstabil
- DePuy Synthes	- Slocum
- Arthrex® VetSystems	- Orthomed
- Kyon	- Aesculap/BraunVetCare
- Eickemeyer	
- Biomedtrix	

- Evolox®
- Elite
- Orthomed
- Königsee

2.5.3.1. Vergleich der Platten von DePuy Synthes und Arthrex® VetSystems

Bei den TPLO Platten der Firmen DePuy Synthes und Arthrex® VetSystems handelt es sich um winkelstabile Kompressionsplatten (LCP). Beide Modelle sind aus rostfreiem 316L-Stahl gefertigt und besitzen eine Vor-Konturierung (Arthrex 2020, DePuy Synthes Vet 2020). Die Arthrex Platte hat darüber hinaus einen stärker nach kaudal gebogenen Plattenkopf, welcher die Befestigung am proximalen Tibiasegment erleichtern soll (Arthrex 2020).
Der Schaft der Synthes Platte weist eine „Limited Contact“ Konfiguration auf und beinhaltet zwei DCP-Löcher und ein LCP-Loch. Der Schaft der Arthrex Platte besteht aus einem DCP und zwei LCP Löchern (Arthrex 2020, DePuy Synthes Vet 2020).
Beide Platten besitzen drei Kopf-Löcher. Bei der Synthes Platte sind dies drei runde Kombilöcher, welche sowohl Kortikalis-, Spongiosa- und Verriegelungsschrauben aufnehmen können und eine derartige Winkelung aufweisen, dass die Schrauben weg von der Gelenksfläche und der Osteotmie gerichtet sind. Bei den Löchern des Arthrex-Platten-Kopfes handelt es sich um drei LCP-Löcher (Arthrex 2020, DePuy Synthes Vet 2020).
Die Arthrex Platte hat sowohl im Kopf als auch im Schaft je ein weiteres Loch für Kirschner Bohrdrähte, um die Platte während der Operation vorläufig zu befestigen und so ein Verrutschen der Platte zu verhindern. Des Weiteren befindet sich am Übergang von Kopf zu Schaft eine Lasermarkierung, welche die exakte Platzierung der Platte sowie Osteotomie erleichtern soll (Arthrex 2020).
Eine weitere Funktion, welche bei der Arthex Platte zu finden ist, ist die Möglichkeit der sogenannten „Ligament Augmentation“. Es handelt sich hierbei um einen zusätzlichen Antirotationsfaden, welcher einer Innen- und Außenrotation der *Tibia* entgegenwirken und Spätfolgen wie Meniskusschäden und Arthrosen vorbeugen soll. Hierzu besitzt die Platte im Kopfbereich, am kranialen Rand, ein weiteres Loch, an dem ein Faden verankert werden kann (Arthrex 2020).

Tab. 6: Vergleich der Platten von DePuy Synthes und Arthrex® VetSystems

	DePuy Synthes	**Arthrex® VetSystems**
Material	316L-rostfreier Stahl	316L-rostfreier Stahl
Schaft	Limited Contact - 2 DCP Löcher - 1 LCP Loch	- 1 DCP Loch - 2 LCP Löcher
Kopf	- 3 runde Kombilöcher	- 3 LCP Löcher
Zusätzliche Funktionen	- Möglichkeit im Schaftbereich eine konventionelle oder winkelstabile Schraube einzusetzen	- kaudal gebogener Kopf - Schaft und Kopf: Löcher für K-Drähte - Lasermarkierung - Ligament Augmentation

2.6. Bisher publizierte Resultate nach TPLO

Die TPLO zählt zu den am häufigsten angewandten chirurgischen Verfahren zur Stabilisierung eines kranialen Kreuzbandrisses beim Hund. Ausschlaggebend hierfür sind die sehr guten Erfolgsraten, welche mit diesem Verfahren erzielt werden. So liegt die Gesamt-Erfolgsrate der TPLO bei 96.9 %, wobei eine komplette Funktion der betroffenen Hinterextremität in 76.9 % und eine akzeptable Funktion in 20 % der Fälle erreicht wurden (Christopher et al. 2013).

2.6.1. Klinische Resultate

In einer Studie von Beer et al. aus 2018, wurden die Ergebnisse und Erfolge der TPLO unabhängig vom verwendeten Plattensystem, anhand einer retrospektiven Evaluierung mittels 61 Studien erhoben und lieferte folgende Erkenntnisse. Die Lahmheit wurde mittels einem Score von 0 bis 1 beschrieben und ergab einen initialen Lahmheitsgrad, direkt nach der Operation, von 0.4 und nahm in den folgenden drei Monaten kontinuierlich ab und erreichte einen Wert von 0.1—0.3. Der Oberschenkelumfang, als Maß für die Muskelatrophie und somit ein Anzeichen für die Verwendung der entsprechenden Gliedmaße, ergab eine initiale Reduktion in den ersten Wochen nach der Operation, zeigte einen Aufwärtstrend in den kurz- und mittelfristigen Intervallen und erlangte nach 6—12 Monaten wieder den Wert der kontralateralen Extremität. In Bezug zur Besitzer-Zufriedenheit zeigte sich, dass die

Zufriedenheit mit den Ergebnissen der TPLO im generellen sehr hoch sind, aber ein bis zwei Drittel der Hunde an Langzeitschmerz unbekannten Grades leiden. Im Verlauf des Gangbildes konnte nach 6—12 Monaten kein Unterschied zwischen der operierten und der gesunden Seite erkannt werden und deckte sich somit mit den Ergebnissen des Oberschenkelumfanges (Beer et al. 2018).

Barnes et al. evaluierte die Kurzzeitergebnisse (6—8 Wochen nach der Operation) unter der Verwendung der DePuy Synthes Platte. Von 29 Kniegelenken (26 Hunde) waren 21 (72 %) komplette Rupturen des kranialen Kreuzbandes und acht (28 %) partielle Risse. Hierbei zeigten 70 % innerhalb der besagten Zeit keine Lahmheit, 26 % eine milde Lahmheit vom Grad 1 und 4.35 % eine Lahmheit vom Grad 3 von 5 (Barnes et al. 2016).
In einer neueren Studie aus 2019 publizierten Livet et al. ähnliche Ergebnisse bei der Verwendung der Synthes Platte bei 13 Hunden. Initial nach der Operation waren zum Teil deutliche Lahmheiten erkennbar. So war der mittlere Lahmheitsgrad nach Tag 1 im Schritt bei 4 und im Trab bei 4.5. An den beiden Folgetagen reduzierte sich die Lahmheit im Schritt auf Grad 2 und im Trab auf Grad 3. Nach drei Monaten war im Schritt nur noch ein Grad 0.5 erkennbar, im Trab noch 1.5. Innerhalb von sechs Monaten nach der Operation war sowohl im Schritt als auch im Trab keine Lahmheit mehr erkennbar (Abb. 12). Auch in seiner Studie ergab sich eine sehr hohe Besitzerzufriedenheit, so waren 13 von 13 Besitzer mit den Ergebnissen zufrieden (Livet et al. 2019).

2.6.2. Radiologische Resultate

Die mittleren Tibiaplateauwinkel nach der Operation werden in der Literatur mit Werten von 4.8° (±1.9°)—6.4° (±3.6°) angegeben (Kowaleski et al. 2013, Livet et al. 2019, Amimoto et al. 2020, Moore et al. 2020).
Die beiden Studien in denen die Synthes Platte zum Einsatz kam, lieferten folgende Ergebnisse. Barnes et al., welcher sich mit exzessiven Tibiaplateauwinkeln beschäftigte, erlangte nach präoperativen Werten von 38.2° (35—47°), postoperative Werte von 4.8° (-2—12.5°) (Barnes et al. 2016). Livet et al. publizierte einen durchschnittlichen präoperativen Winkel von 22.4° (17.5—28°) und postoperativ von 6.5° (1.9—7.4°) (Livet et al. 2019).

Eine Progression der Osteoarthrose nach stattgefundener TPLO Operation wurde in der Literatur häufig beschrieben. Die Messgrößen zur Bestimmung der Progression variierten dabei deutlich. So verwendeten Livet et al., einen Score der von 0—78 reichte und stellte damit folgendes Ergebnis auf. Der Gonarthrose-Score vor der Operation lag bei 16 (6—40) und stieg nach der Operation über sechs Monate auf einen Wert von 30 (16—41). Sie beschrieben einen mittleren Anstieg um 87.5 % (Livet et al. 2019).

Berger et al. hingegen verwendeten einen Gonarthrose-Index, welcher sich aus Arthrose Zeichen an 15 vordefinierten Knochenpunkten berechnet. Der Index stieg von 1.6±0.6 vor der Operation, auf 2.2±0.52 im postoperativen Verlauf (Berger et al. 2015).

Die Ergebnisse von Hurley et al. wurden ebenfalls mittels einem Arthrose Score (0—90) angegeben. Auch hier kam es zu einem Anstieg von 16.3±7.0 auf 18.1±4.0. Des Weiteren stellten sie einen interessanten Zusammenhang zwischen präoperativen Score und dem postoperativen Anstieg fest. Hunde mit einem niedrigen Arthrose-Score vor der Operation litten unter einem stärkeren Anstieg, als jene, welche bereits vor der TPLO eine vermehrte Gonarthrose aufwiesen. Bei 22.7 % der Hunde stellten sie sogar eine Reduktion des Arthrose Scores fest (Hurley et al. 2007).

Auch in der Studie von Rayward et al. wurde eine Osteoarthrose Progression bei 40 % der behandelten Gelenke festgestellt. Darüber hinaus stellten sie einen Zusammenhang zwischen dem Fortschreiten der Gonarthrose und vorherrschenden Meniskusläsionen fest. Jene Kniegelenke, welche eine Meniskusläsion aufwiesen, hatten eine stärkere Progression (Rayward et al. 2004).

Die vorher bereits genannte Publikation von Beer et al. konnte diesen Trend ebenfalls bestätigen (Beer et al. 2018).

2.7. Bisher publizierte Komplikationen und Komplikationsraten

Wie bei jeder Operation können auch bei einer TPLO Komplikationen auftreten. Grundlegend werden diese in intraoperativ und postoperativ unterteilt. Die Klassifizierung des Schweregrades einer Komplikation ist nicht immer ident. Im Wesentlichen hat sich aber in der Literatur eine Einteilung in gerringgradige Komplikationen („minor complications“), welche keine weitere Therapie beziehungsweise Nachoperation benötigen, mittelgradige („major complications“), welche eine weitere Intervention benötigen und hochgradige Komplikationen

(„catastrophic complications“), welche mit Verlust des Beines oder im schlimmsten Fall mit Tod oder Euthanasie enden, etabliert (Cook et al. 2010, Livet et al. 2019).

Die zuvor bereits genannte Studie von Beer et al. beschäftigte sich ebenfalls mit intra- und postoperativen Komplikationen nach einer TPLO. Sie publizierten eine durchschnittliche Gesamtkomplikationsrate von 15.9 %, wobei 7.9 % gerringgradige, 5.2 % mittelgradige, 0.8 % hochgradige und 1.9 % intraoperative Komplikationen waren (Beer et al. 2018).
Weitere Studien erhielten ähnliche Ergebnisse mit Gesamtkomplikationsraten zwischen 12.5—38.5 % (Kowaleski et al. 2013, Chiu et al. 2019, Livet et al. 2019). In Tab. 7 ist eine Übersicht der Komplikationsraten dargestellt.

Tab. 7: Übersicht Komplikationsraten nach TPLO

Studie	**Gesamt**	**gerringgradig**	**mittelgradig**	**hochgradig**	**intraoperativ**
Beer et al. 2018	15.9 %	7.9 %	5.2 %	0.8 %	1.9 %
Kowaleski et al. 2013	12.5 %	5.4 %	0 %	0 %	7.1 %
Livet et al. 2019	38.5 %	7.7 %	30.8 %	0 %	0 %
Chiu et al. 2019	18.4 %	11.7 %	6.7 %	0 %	-

Intraoperative Komplikationen variieren von 1.9—7.1 % (Kowaleski et al. 2013, Beer et al. 2018). Die häufigsten sind intraartikuläre Positionierung von Schrauben (2.3—7.1 %), Blutungen (0.7 %), Fibulafrakturen (0.6 %) sowie Implantat-Bruch (0.4 %) (Kowaleski et al. 2013, Beer et al. 2018). Zu erwähnen ist, dass die von Kowaleski et al. berichteten 7.1 % intraoperative Komplikationsrate mit der Synthes Platte erzielt wurden.

Zu den häufigsten postoperativen Komplikationen, welche in der Studie von Beer et al. unabhängig des verwendeten Plattensystems beschrieben werden, zählen Patellar-Sehnen Verdickung (6.2 %), Patellar-Sehnen Tendinitis (3.1 %), Meniskusfolgeschäden (2.8 %), Wundkomplikationen inklusive Wund-Dehiszenz (7.8 %), Serom-Bildung (2.2 %), postoperative Fibularfrakturen (2.0 %) und Implantat Infektionen (3.4 %) (Beer et al. 2018).

Drei Studien beschäftiften sich mit den postoperativen Komplikationen nach Verwendung der DePuy Synthes Platte. Barnes et al. berichtet nach 29 TPLO Operationen von Komplikationen, welche hauptsächlich das *Lig. patellae* betreffen, nämlich Patellar-Sehnen-Verdickung (58 %) und Patellar-Sehnen Tendinitis (3.4 %) (Barnes et al. 2016).

In der Studie von Livet et al. waren auftretende postoperative Komplikationen, Meniskusschäden (15.4 %), *Fibula* Frakturen (7.7 %) und chirurgisch bedingte Infektionen (15.4 %) (Livet et al. 2019).
Kowaleski et al. publizierte nach 56 TPLO Prozeduren, Meniskusschäden (1.8 %) und Wund Komplikationen (3.6 %) (Kowaleski et al. 2013).
Eine Gesamtübersicht über die publizierten Komplikationen nach TPLO inklusive deren Häufigkeiten sind in Tab. 8 zusammengefasst (Kowaleski et al. 2013, Barnes et al. 2016, Beer et al. 2018, Chiu et al. 2019, Livet et al. 2019).

Tab. 8: Publizierte Komplikationen und deren Häufigkeiten nach TPLO

Komplikation	**Studie**				
	Beer et al. 2018	Livet et al. 2019	Barnes et al. 2016	Kowaleski et al. 2013	Chiu et al. 2019
Patellar-Sehnen Verdickung	6.2 %		58 %		
Patellar Tendinitis	3.1 %		3.4 %		0.3 %
Meniskusschaden	2.8 %	15.4 %		1.8 %	1.8 %
Wund Komplikationen	7.8 %			3.6 %	1.5 %
Serom	2.2 %				3.2 %
Fibula Fraktur	2.0 %	7.7 %			
Implantat Infektion	3.4 %				
Osteomyelitis	0.6 %				
Septische Arthritis	0.8 %				
Patellar Fraktur	0.9 %				
Tibia Fissur/Fraktur	0.5 %				
Tibia Tuberositas Fraktur	3.2 %				
Mediale Patellar Luxation	0.7 %				
Chirurgisch bedingte Infektionen („surgical site infections“)		15.4 %			7.9 %
Schrauben/Implantat Lockerung					0.3 %

Christopher et al. berücksichtigten in ihrer Studie, von wem die TPLO Operation durchgeführt wurde und bemerkten, dass Komplikationen etwa dreimal häufiger auftraten, wenn ein Resident die Operation durchführte anstatt eines Diplomates (Christopher et al. 2013).

Chiu et al. beurteilten den Einfluss des Fixationssystems, in Bezug auf winkelstabil oder nicht, auf die Komplikationsrate bei schweren Hunden und stellten fest, dass das verwendete System einen Einfluss auf die Entwicklung etwaiger Komplikationen hat. So erhöht sich ab einem Körpergewicht von 45 kg das Risiko einer Komplikation für jede zusätzlichen 4.5 kg um 50 %. Ein 90.7 kg Hund hat demnach eine 60 mal höhere Wahrscheinlichkeit eine Komplikation zu entwickeln, wenn er mit einer nicht-winkelstabilen Platte versorgt wurde, im Vergleich zu einer winkelstabilen Platte (Chiu et al. 2019).

Eine Entfernung der TPLO Platte im postoperativen Verlauf war laut Literatur in 2.3 % der Fälle und eine Reoperation in 4.8 % notwendig (Beer et al. 2018).

3. Material und Methoden

In der vorliegenden Arbeit wurden retrospektiv Krankenakten evaluiert und somit nur Daten verwendet, welche vorhanden waren und keine weiteren Untersuchungen vorgenommen. Aus diesem Grund war keine Meldung bei der Ethik- und Tierschutzkommission notwendig.

3.1. Datenerfassung

Die Patientendaten wurden aus dem Tierspitalinformationssystem (TIS) der Veterinärmedizinischen Universität Wien gewonnen. Erfasst wurden jene Tiere, welche im Zeitraum vom 01.01.2013 bis zum 01.01.2020 aufgrund eines kranialen Kreuzbandrisses, mittels TPLO an der Veterinärmedizinischen Universität Wien operiert wurden. In die Studie eingeschlossen wurden Patienten, bei denen eine 3,5 mm Platte der Firma DePuy Synthes oder Arthrex® VetSystems zum Einsatz kam. Alle Daten wurden in eine Excel-Tabelle (Microsoft Excel) eingetragen.

3.1.1. Patienten

Jede/r PatientIn, welche die Vorgaben für die Teilnahme an der Studie erfüllte, bekam eine fortlaufende Nummer beginnend bei Nr. 1. Dokumentiert wurden jeweils die TIS-Nummer und die Klinik spezifische Fall-Nummer. Zu jedem Tier wurden die Daten wie Geschlecht (weiblich, weiblich kastriert, männlich, männlich kastriert), das Alter zum Zeitpunkt der Operation in Monaten, das Gewicht zum Zeitpunkt der Operation in Kilogramm (Körpermasse) sowie die Rasse erfasst.

Der Kreuzbandriss wurde in komplett oder partiell eingeteilt. Die Information hierfür stammt aus den Arthroskopie-Berichten beziehungsweise, im Fall einer Arthrotomie, aus den Operationsberichten. Darüber hinaus wurde die Seite (links/rechts), beziehungsweise „beidseits (bds.)“, falls dies zum Zeitpunkt der Erstvorstellung der Fall war, dokumentiert. Hunde, welche erst im Laufe der Studiendauer einen Kreuzbandriss auf der kontralateralen Seite entwickelten, wurden nicht als beidseits klassifiziert, sondern mit dem Vermerk „2.te Seite nach ... Tagen“ gekennzeichnet und jedes Knie dabei als eigenständig betrachtet.

Das Vorhandensein von Meniskusläsionen zum Zeitpunkt der Operation wurde mittels „ja/nein“ festgehalten. Falls ein Meniskusschaden vorhanden war, wurde die Art der Läsion sowie die darauffolgende Therapie dokumentiert. Diese Informationen wurden ebenfalls den Arthroskopie-Berichten beziehungsweise, im Fall einer Arthrotomie, den Operationsberichten entnommen.

Bezüglich des Tibiaplateauwinkels, wurden die Werte vor der Operation (TPA prä OP) und nach der Operation (TPA post OP) in Grad erfasst. Die präoperativen Winkel wurden den TPLO-Planungsröntgen, welche vor jeder Operation angefertigt wurden, entnommen. In den Operationsberichten wurden des Weiteren Messwerte der Chirurgen festgehalten. Sollten Abweichungen zwischen den Werten der Radiologen und der Chirurgen aufgetreten sein, wurden die Werte der Chirurgen übernommen. Die postoperativen Winkel entstammen gesammelt aus den postoperativen Kontrollröntgen.

3.1.2. Chirurgische Behandlung

Im Zuge der Operationsberichte wurde auf etwaige intraoperative Komplikationen geachtet und gegebenenfalls notiert. Des Weiteren wurde die verwendete Platte (Synthes/Athrex) aus dem Bericht entnommen. Die Daten über die verwendete Platte wurden mittels dem anschließenden Kontrollröntgen kontrolliert. In einem Fall waren die Angaben des Operationsberichts abweichend von der verwendeten Platte.

3.1.3. Klinische Kontrolluntersuchungen

Bei den klinischen Kontrolluntersuchungen wurde zunächst die Anzahl der Nachuntersuchungen festgehalten. Zu jeder Nachuntersuchung wurden die Daten, Tage seit der Operation (Tage post OP), der Lahmheitsgrad von Grad 1—5, entsprechend der Klinischen Propädeutik (Tab. 9), das Vorhandensein von Schmerz mit „Ja/Nein“ sowie das Vorhandensein von Muskelatrophie, ebenfalls mit „Ja/Nein“, dokumentiert. Zusätzlich wurden zu jeder Nachuntersuchung zusätzliche Informationen mittels eines Freitext-Feldes festgehalten.

Tab. 9: Lahmheitsgrade (Baumgartner und Wittek 2018)

Lahmheitsgrad	Definition
Grad 1	gerringgradige undeutliche Lahmheit, nicht permanent sichtbar
Grad 2	geringgradige konstante Lahmheit
Grad 3	mittelgradige Lahmheit, deutlich sichtbar
Grad 4	hochgradige Lahmheit mit Ausgleichsbewegungen, aber noch planer Fußung
Grad 5	Hochgradige Lahmheit, Belastung nur mehr mit Zehenspitze oder gar nicht mehr

3.1.4. Röntgenologische Kontrolluntersuchungen

Auch bei den röntgenologischen Kontrolluntersuchungen wurde die Anzahl der Nachkontrollen festgehalten. Bei jeder Kontrolluntersuchung wurden die Tage seit der Operation (Tage post OP), die Knochenheilung mit „Ja/Nein“ sowie das Auftreten von Komplikationen, ebenfalls mit „Ja/Nein“, erfasst. Sollten Komplikationen aufgetreten sein, wurden diese mittels Freitext-Feld näher dokumentiert.

Im Bezug auf Auffälligkeiten beziehungsweise Komplikationen wurden die Befunde der Abteilung für Bildgebende Diagnostik der Veterinärmedizinischen Universität Wien herangezogen. Das Augenmerk wurde hierbei vor allem auf operationsbedingte Veränderungen beziehungsweise postoperative Folgeerscheinungen gelegt. Die Benennung und die Dartsellung der entsprechenden Veränderungen sind in Tab. 10 dargetsellt.

Tab. 10: Bedeutungen der Radiologischen Erscheinungen

Bennenung der Veränderung	Radiologische Erscheinung
Gasdepots	Gasdichte Einschlüsse im perartikulären Weichteilgewebe
Weichteilschwellung	Vergrößerter Weichteilschatten im periartikulären Bereich
Gelenkfüllung	Vergrößerter flüssigkeitsbedingter Weichteilschatten innerhalb der Gelenkskapsel
Verlagerung distale *Tibia*	Operationsbedingte Verschiebung des distalen Tibiafragments um eine halbe Kortikalisbreite nach medial oder lateral
Stufenbildung	Deutlich sichtbare Stufe im Bereich der Osteotomie im kaudalen Tibiabereich
Tendinopathie *Lig. patellae*	Verdickter Weichteilschatten im Bereich bzw. Verlaufs des *Lig. patellae*
Absprengung *Tibia*	Kortex Absprengungen im Bereich der lateralen *Tibia* und im Bereich der Schraubenspitzen

Bohrlöcher in *Fibula*	Operationsbedingte Aufhellungslinien im Bereich der *Fibula*
Periostale Reaktionen	Reaktionen des Periosts in den Bereichen des distalen Plattenendes, kraniale *Fibula* Kontur, *Tuberositas tibiae* sowie lateral im Bereich der Schraubenspitzen

Zusätzlich wurde auf das Vorhandensein einer Gonarthrose zum Zeitpunkt der Operation beziehungsweise auf eine etwaige Entwicklung einer solchen, im Laufe der Kontrolluntersuchungen geachtet. Arthrosen des Kniegelenks zum Zeitpunkt der Operation wurden mit „Ja/Nein“, im Feld „Gonarthrose prä OP“ dokumentiert. Bei Angabe des Grades, gerringgradig (ggr.), mittelgradig (mgr.) beziehungsweise hochgradig (hgr.), wurde dieser ebenfalls erfasst. Die Daten stammen aus den Planungsröntgen-Aufnahmen, welche vor der Operation angefertigt wurden.
Gonarthrosen, welche sich erst nach der Operation, im Laufe der Studienzeit entwickelten, wurden mit „Ja“ im Feld „Gonarthrose post OP“ erfasst. War bereits eine Arthrose vor der TPLO vorhanden, wurde deren Verlauf beachtet. Blieb der Grad gleich, wurde dies mit „gleich bleibend“ vermerkt, hat sich der Grad verschlechtert, so wurde dies mit „zunehmend“ festgehalten. Sollten weder vor der Operation, noch in der Zeit nach der Operation Zeichen einer Gonarthrose vorhanden gewesen sein, wurde dies mit „Nein“ in beiden Feldern dokumentiert. Informationen darüber wurden aus den Befunden der radiologischen Kontrolluntersuchungen ermittelt.

3.1.5. Komplikationen

Informationen über etwaig aufgetretende Komplikationen wurden aus den oben genannten Freitextfeldern entnommen und entsprechend der Kategorie den intra- oder postoperativen Komplikationen zugeordnet.

Postoperative Komplikationen wurden anhand des Einteilungssystems von Cook et al. ermittelt. Demnach wurde unterteilt in gerringgradige Komplikationen („minor complications“), welche keine weitere Therapie beziehungsweise Nachoperation benötigen, mittelgradige („major complications“), welche eine weitere Intervention benötigen und hochgradige Komplikationen („catastrophic complications“), welche zu unakzeptabler Funktion der Gliedmaße führen oder Ursache für Tod beziehungsweise Euthanasie sind (Cook et al. 2010).

Eingeteilt wurden die Komplikationen weiteres nach ihrem Zeitpunkt des Auftretens, in Kurzzeit Komplikationen („Short term“), welche im Zeitraum von 3—6 Monaten nach der Operation auftraten, mittelfristige Komplikationen („Mid term“), im Zeitraum von 6—12 Monaten und langfristige Komplikationen („Long term“), welche erst nach zwölf Monaten in Erscheinung traten. Alle Auffälligkeiten in einem Zeitraum von unter drei Monaten wird nach Cook et al. der Kategorie direkt postoperativ zugeteilt (Cook et al. 2010).

3.2. Statistische Auswertung

Zur Auswertung der Daten wurden die Programme Microsoft Excel und zur Berechnung statistischer Zusammenhänge, IBM SPSS (Version 24) herangezogen. Zur Anwendung kamen einfache statistische Verfahren, wie Absolut-Werte, arithmetische Mittelwerte und Teilmengenangaben in Prozent, sowie zur Ermittlung von Zusammenhängen und Signifikanzen, Lineare Regressionen und Chi Quadrat-Tests. Das Signifikanzniveau wurde mit α=0.05 festgelegt, wodurch Werte mit $p < 0.05$ als signifikant gewertet wurde.

3.2.1. Patienten Daten

Das Geschlechter-Verhältnis (weiblich, weiblich kastriert, männlich, männlich kastriert) sowie die Rasseverteilung wurden nach Eruierung der Absolut-Werte, in Prozentangaben dargestellt, um sie mit den publizierten Werten in der Literatur vergleichen zu können. Weiteres wurden das Durchschnittsalter in Monaten sowie das Durchschnittsgewicht in Kilogramm (kg), zum Zeitpunkt der Operation, berechnet. Die Bandbreiten wurden ebenfalls vermerkt.

Bezüglich des Kreuzbandrisses wurden sowohl die Häufigkeit einer kompletten beziehungsweise partiellen Ruptur, als auch der Seite (links/rechts/beidseits) ermittelt. Das gleiche gilt für die Inzidenz der Entwicklung eines kontralateralen Kreuzbandrisses, die Häufigkeit einer Meniskusläsion, ebenso wie die Differenzierung und Behandlung der Meniskusschäden.

3.2.2. Klinische Resultate

Bei den klinischen Resultaten wurde zunächst die durchschnittliche Anzahl an Nachuntersuchungen eruiert und die Zeitspanne innerhalb derer sie stattgefunden haben festgehalten. Die klinischen Erscheinungen wurden nach Angabe der Gesamtzahl zwischen den beiden Platten (Synthes/Arthrex) differenziert. Die Berechnung erfolgte zunächst durch Summieren aller Auffälligkeiten, um eine Gesamtzahl zu ermitteln. Anschließend wurden die einzelnen Erscheinungen durch Division derer Anteile durch die Gesamtzahl als Relativwerte ermittelt.

Weiteres wurden der Zeitraum bis zur klinischen Lahmheitsfreiheit in Tagen, Wochen und Monaten, das Auftreten von Langzeitschmerz sowie das Auftreten einer Muskelatrophie, jeweils im Gesamtüberblick und anschließend auch separat für die beiden Plattensysteme, ermittelt. Die Zeiträume wurden durch Ermittlung des arithmetischen Mittelwertes angegeben.

3.2.3. Radiologische Resultate

Analog zu den klinischen Resultaten wurde auch bei den radiologischen die durchschnittliche Anzahl an Kontrollröntgen-Aufnahmen ermittelt, inklusive dem Zeitraum in dessen sie stattfanden. Hier wurde unterteilt in Auffälligkeiten direkt postoperativ und Erscheinungen im Laufe der Nachkontrollen. Herangezogen wurden hierbei zunächst die Kontrollröntgen, welche direkt im Anschluss an die Operation angefertigt wurden, um postoperative Auffälligkeiten zu ermitteln. Die Folgeröntgen wurden für die Ermittlung der Verlaufserscheinungen verwendet.
Die Berechnung verlief analog zu den klinischen Ergebnissen. Nach Eruierung der Gesamtzahl, wurden die einzelnen Auffälligkeiten als Teilmenge inklusive Relativwerten angegeben. Auch hier wurde jeweils das verwendete Plattensystem berücksichtigt.

Die Zeitspanne bis zur Knochenheilung wurde als Mittelwert in Tagen, Wochen und Monaten nach der Operation angegeben. Herangezogen wurde jeweils der Zeitpunkt des ersten Kontrollröntgens, bei dem der knöcherne Osteotomie Spalt als überbrückt angegeben wurde. Es wurden lediglich komplette Heilungen berücksichtigt, nicht jedoch Befunde wie „in Heilung“ oder „zum Großteil überbrückt“.

Zur Ermittlung des Verlaufs der Gonarthrose wurde zunächst die Anzahl an Kniegelenken, welche zum Zeitpunkt der TPLO Operation bereits arthrotische Veränderungen aufwiesen, erfasst. Anschließend wurden alle Kniegelenke, welche im Verlauf der radiologischen Nachkontrollen Zeichen einer Gonarthrose hatten, ermittelt, um die Progression zu dokumentieren. Differenziert wurde neben der verwendeten Platte, auch der Verlauf des Kniegelenks (gleich bleibend/zunehmend) selbst.
Der Tibiaplateauwinkel wurde sowohl präoperativ als auch postoperativ mit einem Durchschnittswert in Grad ermittelt, ergänzt durch die Angabe der Bandbreite (von—bis). Auch hier wurde anschließend in die beiden Plattensysteme unterteilt.

3.2.4. Komplikationen

Zunächst wurde die Gesamtkomplikationsrate, durch Addition aller Fälle mit intra- und postoperativen Komplikationen und anschließender Division durch die Fallgesamtzahl, ermittelt.

Die Rate an intraoperativen Komplikationen wurde entsprechend dem Vorgehen für die Gesamtkomplikationsrate angegeben sowie die Art und Häufigkeit der jeweiligen Komplikation.

Berechnet wurden die Gesamtkomplikationen und jeweils die Komplikationen der beiden verschiedenen Plattensysteme, jeweils entsprechend der oben genannten Einteilungen nach Zeitpunkt des Auftretens und Schweregrad.

4. Ergebnisse

Im Zeitraum vom 01.01.2013 bis zum 01.01.2020 wurden insgesamt 110 Hunde und 140 Kniegelenke an der Veterinärmedizinischen Universität Wien, aufgrund eines kranialen Kreuzbandrisses, mittels TPLO operiert. Nach Ausschluss aller Patienten, welche nicht den Vorgaben, 3.5 mm Platte der Firma DePuy Synthes oder Arthrex® VetSystems, entsprachen, verblieben 77 Hunde und 103 Kniegelenke in der Studie. Bei 96 Fällen (93.2 %) kam die Platte der Firma DePuy Synthes zum Einsatz, bei sieben Fällen (6.8 %) jene von Arthrex® VetSystems.

4.1. Epidemiologische Daten

4.1.1. Geschlechts-, Alters und Gewichtsverteilung

Von 77 Hunden, welche mit kranialen Kreuzbandriss vorstellig wurden, waren 19 (24.7 %) weiblich, 32 (41.6 %) weiblich kastriert, zwölf (15.6 %) männlich und 14 (18.18 %) männlich kastriert. Das Alter zum Zeitpunkt der Operation betrug 13—144 Monate (69.7 ± 38.3 Monate), dass entspricht 1.1—12.0 Jahre (5.81 ± 3.19 Jahre). Das Gewicht zum Zeitpunkt der Operation betrug 13.80—77.00 kg (33.4 ± 11.5 kg).

4.1.2. Rasse

Unter den 77 Hunden waren 28 verschiedene Rassen vertreten. Die häufigsten waren, in absteigender Reihenfolge, 15 (19.48 %) Mischlinge, 13 (16.88 %) Labrador Retriever, elf (14.29 %) American Staffordshire Terrier, vier (5.19 %) Golden Retriever, jeweils drei (3.89 %) Dobermann und Rhodesian Ridgeback. Jeweils zwei Vertreter (2.60 %) stellten die Rassen Boxer, Cane Corso, Mastiff, Beagle, Entlebucher Sennenhund und Magyar Vizsla. Von den 16 verbliebenen Rassen war jeweils ein Hund (1.30 %) vertreten. Ein Überblick über alle Rassen und deren Häufigkeiten ist in Tab. 11 dargestellt.

Tab. 11: Rassen und deren Häufigkeiten

Rasse	Anzahl Absolut	Anzahl in Prozent
Mischling	15	19.48 %
Labrador Retriever	13	16.88 %
American Staffordshire Terrier	11	14.29 %
Golden Retriever	4	5.19 %
Dobermann	3	3.89 %
Rhodesian Ridgeback	3	3.89 %
Boxer	2	2.60 %
Cane Corso	2	2.60 %
Mastiff	2	2.60 %
Beagle	2	2.60 %
Entlebucher Sennenhund	2	2.60 %
Magyar Vizsla	2	2.60 %
Rottweiler	1	1.30 %
Schäferhund	1	1.30 %
Neufundländer	1	1.30 %
Hovawart	1	1.30 %
American Bulldog	1	1.30 %
American Pitbull	1	1.30 %
American Akita	1	1.30 %
Bernhardiner	1	1.30 %
Australian Shepherd	1	1.30 %
Border Collie	1	1.30 %
Deutsch Kurzhaar	1	1.30 %
Hannoverscher Schweißhund	1	1.30 %
Saarlos Wolfhund	1	1.30 %
Shar-Pei	1	1.30 %
Sabueso Espanol	1	1.30 %
Chow Chow	1	1.30 %

4.2. Kreuzbandriss

Bei 63 von 103 Kniegelenken (61.17 %) wurde eine komplette, bei 35 von 103 (33.98 %) eine partielle Ruptur des kranialen Kreuzbandes festgestellt. Zu fünf (4.85 %) Kniegelenken gab es keine Angabe darüber, ob es sich um einen kompletten oder einen partiellen Kreuzbandriss handelte.

Dreiundfünfzig (51.46 %) der Kreuzbandrisse waren im linken Knie lokalisiert, 40 (38.83 %) im rechten Knie. Bei fünf Tieren, also zehn Kniegelenken (9.71 %), wurde ein beidseitiger Kreuzbandriss diagnostiziert.
Im Laufe der Studiendauer entwickelten 22 (28.57 %) der Hunde, an der kontralateralen Gliedmaße, ebenfalls einen Kreuzbandriss. Die Durchschnittszeit zwischen erstem und zweitem Kreuzbandriss betrug hierbei 373 Tage (1.02 Jahre), wobei der kürzeste Zeitabstand 70 Tage (0.2 Jahre) und der längste 1095 Tage (3 Jahre) ausmachte.

Weiblich intakte Tiere entwickelten signifikant mehr (p=0.001) partielle Kreuzbandrisse, wohingegeg weiblich kastrierte, männlich intakte und männlich kastrierte mehr komplette Kreuzbandrisse zeigten.
Bezüglich Alter und Gewicht konnte der Trend beobachtet werden, dass mit steigendem Alter und steigendem Gewicht auch die Wahrscheinlichkeit eines Kreuzbandrisses stieg (Abb. 9). Beide Korrelationen waren jedoch nicht signifikant (Alter mit p=0.058 und Gewicht mit p=0.084).

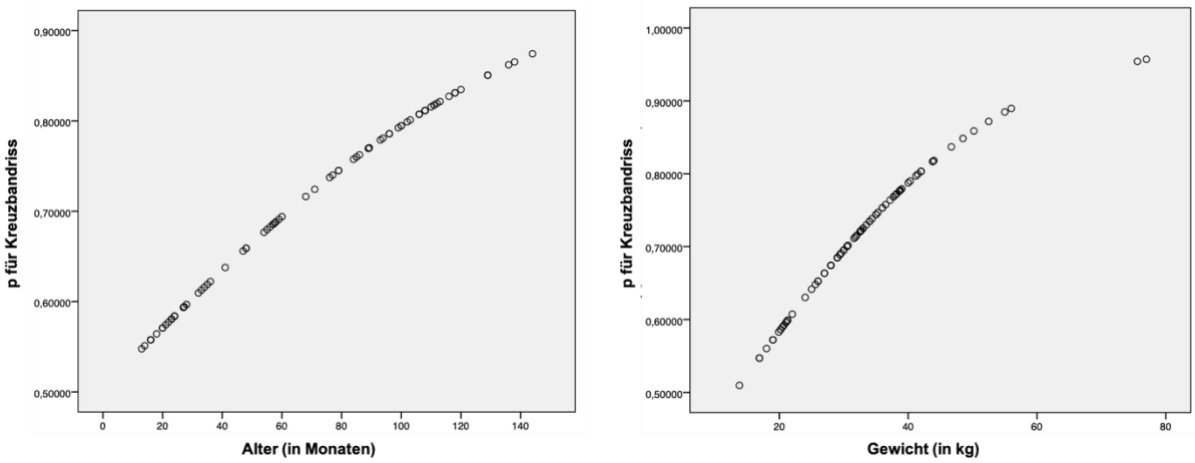

Abb. 7: Einfluss von Alter und Gewicht auf die Entwicklung eines Kreuzbandrisses

4.3. Meniskusläsionen

Von den 103 in die Studie inkludierten Kniegelenken, wurden bei 29 (28.16 %) ein primärer Meniskusschaden diagnostiziert. Bei 68 (66.02 %) konnte keine Meniskusläsion festgestellt werden und bei sechs (5.82 %) Kniegelenken gab es keine Angabe darüber, ob eine Meniskusläsion vorlag oder nicht.
Alle beobachteten primären Meniskusläsionen waren jener Gruppe, welche mit der Platte der Firma DePuy Synthes operiert wurden, zuzuordnen. Keine primären Meniskusläsionen ließen sich in der Arthrex Gruppe finden.
Von den 29 betroffenen Kniegelenken waren 20 (68.97 %) der Meniskusläsionen im Bereich des medialen Meniskus lokalisiert, vier (13.79 %) befanden sich am lateralen Meniskus und bei einem Kniegelenk (3.45 %) war sowohl der mediale als auch der laterale Meniskus betroffen. Bei weiteren vier (13.79 %) Kniegelenken wurde keine weitere Differenzierung nach Seite und Art der Läsion in der Dokumentation festgehalten.

Als häufigste Meniskusläsion konnten Meniskusrisse mit einer Anzahl von zehn Rissen (34.48 %) diagnostiziert werden. Dabei kam der Korbhenkelriss des medialen Kaudalhorns, mit einer Häufigkeit von fünf (17.24 %), am häufigsten vor. Horizontalrisse mit zwei Fällen (6.90 %) und radiäre Risse mit jeweils einem medialen und lateralem betroffenen Meniskus (3.45 %) waren ebenso vertreten. Die zweithäufigste Erscheinung waren umgeschlagene Menisken, wobei von den neun (31.03 %) betroffenen, fünf (17.24 %) als medial umgeschlagene Menisken und vier (13.79 %) als medial umgeschlagene Kaudalhörner beschrieben wurden. Als dritthäufigster Meniskusschaden wurden mit sieben Fällen (24.14 %) aufgefaserte Menisken dokumentiert. Dabei fielen drei (10.34 %) auf den medialen und vier (13.79) auf den lateralen Meniskus. Jeweils ein medialer und ein lateraler Meniskus (jeweils 3.45 %) war von einer Quetschung betroffen. Alle aufgetretenen Menikusläsionen und deren Häufigkeiten sind in Tab. 12 zusammengefasst.

Tab. 12: Mensikusläsionen und deren Häufigkeiten

Meniskusläsion	Anzahl Absolut	Anzahl in Prozent
Meniskusriss		
– Korbhenkelriss mediales Kaudalhorn	5	17.24 %
– Horizontalriss medial	2	6.90 %
– radiärer Riss		
– medial	1	3.45 %
– lateral	1	3.45 %
– mediales Kaudalhorn (undifferenziert)	1	3.45 %
Meniskus umgeschlagen		
– medialer Meniskus	5	17.24 %
– mediales Kaudalhorn	4	13.79 %
Meniskus aufgefasert		
– medial	3	10.34 %
– lateral	4	13.79 %
Quetschungen		
– medial	1	3.45 %
– lateral	1	3.45 %
Kaudalhornschaden medial (undifferenziert)	1	3.45 %

Von den 29 Meniskusläsionen bedarf es bei 17 Fällen (58.62 %) einer Therapie. Die übrigen zwölf (41.38 %) benötigten kein weiteres Vorgehen. Als häufigste Therapieform wurde die Meniskektomie des Kaudalhorns, nämlich in zwölf Fällen (70.58 %), durchgeführt. Ein Meniskus Release kam bei drei der betroffenen Kniegelenke (17.65 %) zur Anwendung. In zwei Fällen (11.76 %) wurde eine partielle Meniskektomie dokumentiert, ohne nähere Erläuterung an welcher Stelle oder in welchem Umfang.

Im Vergleich wiesen signifikant mehr (p=0.007) Hunde mit einem kompletten Kreuzbandriss eine Meniskusläsion auf, als jene mit einer partiellen Ruptur. Von 63 Kniegelenken mit kompletten Kreuzbandrissen war bei 23 (36.51 %) ein Meniskusschaden zu finden, dass entsprach über einem Drittel. Dem gegenüber standen vier Meniskusläsionen (11.45 %) bei 35 Kniegelenken mit partiellem Kreuzbandriss, also nur in etwa einem Zehntel.

Betrachtet man den Einfluss von Alter und Gewicht auf die Entwicklung primärer Meniskusläsionen so fiel auf, das keine der beiden Faktoren signifikanten Einfluss auf das Auftreten primärere Meniskusschäden hatten (Alter mit p = 0.938 und Gewicht mit p = 0.509).

Beim Alter konnte man jedoch den Trend erkennen, dass mit zunehmenden Alter die Wahrscheinlichkeit für eine Menisukusläsion geringgradig anstieg. Hinsichtlich Gewicht war ein negativ Trend zu beobachten. Somit sank mit zunehmenden Gewicht die Wahrscheinlichkeit einer primären Meniksuläsion (Abb. 10).

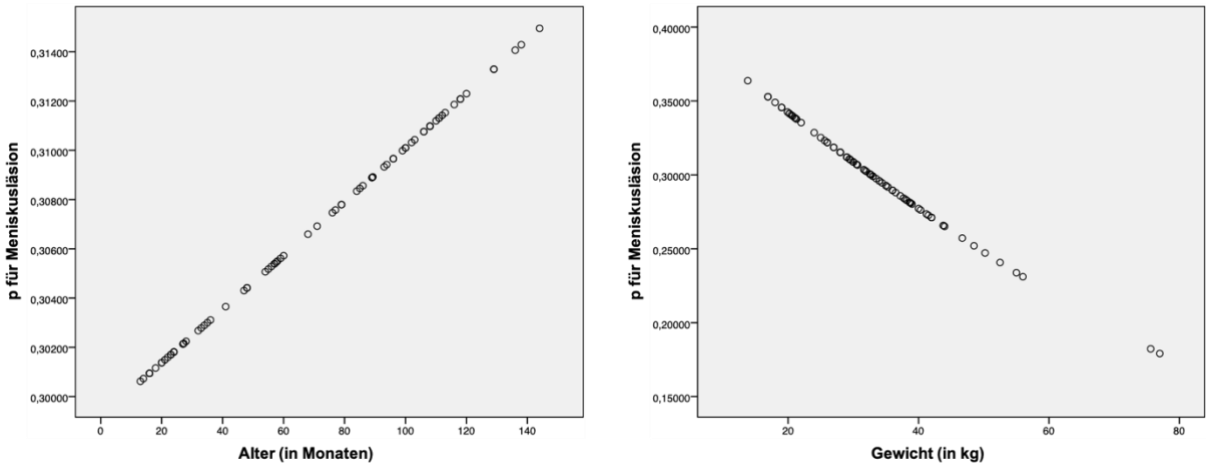

Abb. 8: Zusammenhang zwischen Alter beziehungsweise Gewicht und primäre Meniskusläsion

Bezüglich der Rasse fiel auf, dass sieben von elf (63.64 %) American Staffordshire Terrier eine Meniskusläsion aufwiesen. Das entsprach einer Häufigkeit von über zwei Drittel. Jene Hunde, deren Rasse einen Meniskusschaden zeigten, aber nur einmal in der Studie vertreten waren, wurden nicht gewertet.

4.4. Klinische Kontrolluntersuchungen

Im Durchschnitt wurden 2.6 klinische Nachuntersuchungen, mit einer Bandbreite von null bis fünf Untersuchungen pro TPLO Operation durchgeführt. Der Zeitraum innerhalb dessen die Kontrollen stattfanden betrug 1—675 Tage. Bei Fällen, bei denen die Platte der Firma DePuy Synthes zum Einsatz kam, fanden im Schnitt 2.7 Nachuntersuchungen (0—5), im Zeitraum von 1—675 Tagen, statt, jene bei denen die Platte von Arthrex® VetSystems verwendet wurde, im Schnitt 2.0 (0—4) im Zeitraum von 1—139 Tagen.

Betrachtet man alle TPLO Operationen zusammen, so waren die häufigsten Erscheinungen im Rahmen der klinischen Folgeuntersuchungen, 51 Gelenkfüllungen (25.12 %), 41

Weichteilschwellungen (20.19 %), 19 Wundkomplikationen (9.36 %), 17 Entlastungshaltungen (8,37 %), 14 Verbreiterungen des *Lig. patellae* (6.89 %) sowie 14 mal Schmerzen bei der passiven Streckung des Kniegelenks (6.89 %).

Ein Überblick über alle klinischen Erscheinungen sowie deren Häufigkeiten, als auch deren Zuordnungen zu den entsprechenden Platten, sind in Tab. 13 aufgelistet.

Tab. 13: Klinische Befunde und deren Häufigkeiten und Plattenzugehörigkeit

Klinische Befunde	**Gesamt (n=203)**	**Synthes (n=190)**	**Arthrex (n=13)**
Weichteilschwellung	41 (20.19 %)	39 (20.53 %)	2 (15.38 %)
Gelenkfüllung	51 (25.12 %)	48 (25.26 %)	3 (23.08 %)
Entlastungshaltung	17 (8.37 %)	15 (7.89 %)	2 (15.38 %)
Wundkomplikationen	19 (9.36 %)	18 (9.47 %)	1 (7.69 %)
Lig. Patellae verbreitert	14 (6.89 %)	14 (7.37 %)	
Hämatom	9 (4.43 %)	9 (4.74 %)	
Passive Bewegung dolent	14 (6.89 %)	14 (7.37 %)	
Palpation Platte unangenehm/dolent	8 (3.94 %)	5 (2.63 %)	3 (23.08 %)
Serom	4 (1.97 %)	4 (2.11 %)	
Propriozeption verzögert	1 (0.49 %)	1 (0.53 %)	
Senkungsödem	4 (1.97 %)	3 (1.58 %)	1 (7.69 %)
Emphysem	1 (0.49 %)	1 (0.53 %)	
Abweichende Gliedmaßenstellung	4 (1.97 %)	3 (1.58 %)	1 (7.69 %)
TKT positiv	7 (3.45 %)	7 (3.68 %)	
Krepitation Knie	2 (0.98 %)	2 (1.05 %)	
Eingeschränkte ROM	1 (0.49 %)	1 (0.53 %)	
Sitztest positiv	2 (0.98 %)	2 (1.05 %)	
UVM im Bereich der Platte	2 (0.98 %)	2 (1.05 %)	
Rotationsinstabilität	1 (0.49 %)	1 (0.53 %)	
Schrittverkürzung	1 (0.49 %)	1 (0.53 %)	

Die durchschnittliche Zeit bis zur klinischen Lahmheitsfreiheit betrug 72.4 (± 53.1) Tage (10.3 ± 7.6 Wochen/2.4 ± 1.8 Monate).
Betrachtet man die beiden Plattensysteme serparat, so erhielt man bei der Arthrex Platte 39.5 (± 34.7) Tage (1.3 ± 1.2 Monate) nach der Operation bis zur klinischen Lahmheitsfreiheit. Bei der Synthes Platte lag diese Durchschnittszeit bei 73. 7 (± 53.5) Tagen (2.5 ± 1.8 Monate). Man muss jedoch festhalten, dass bei einigen Fällen, welche mit der Synthes Platte operiert wurden, einige Ausreißer im Bezug zur Zeitspanne zwischen Operation und Nachuntersuchung vorhanden waren. Berücksichtigt man dieses Phänomen und berichtigt diesen Wert, durch Ausschluss jener Werte, welche deutlich über den Angaben der Zeitspanne der Arthrex Platte lagen, so erhielt man eine durchschnittliche Zeit bis zur klinischen Lahmheitsfreiheit von 48.2 (± 15.1) Tagen (1.6 ± 0.5 Monate), was deutlich näher im Bereich jener Werte der Arthrex Platte einzustufen war.

Betrachtet man die Schmerzhaftigkeit bei Palpation nach der Operation, so zeigte sich, dass im gesamten Verlauf 18.45 % einen gewissen Grad von Schmerz zeigten. Dabei fielen 17.71 % auf die Synthes Platte und 28.57 % auf die Arthrex Platte. Einen Langzeitschmerz, über ein Monat nach der Operation, zeigten insgesamt 8.74 %. Bei Patienten mit der Synthes Platte litten 8.33 % im Schnitt nach 172.88 Tagen (5.76 Monate) nach der Operation noch immer an einem gewissen Grad von Schmerz. Bei der Arthrex Platte waren es 14.28 % nach 139 Tagen (4.63 Monate).

Im Verlauf der Kontrolluntersuchungen entwickelten 21.36 % aller Fälle eine Muskelatrophie. Ordnet man diese wieder den entsprechenden Platten zu, so erkannte man eine erhöhte Anzahl an betroffenen Tieren in der Gruppe, welche mit der Arthrex Platte operiert wurden. Hier sind es 42.86 % der Patienten, welche eine Muskelatrophie entwickelten, zu 19.79 % bei jener Gruppe, bei der die Synthes Platte zum Einsatz kam.

4.5. Radiologische Kontrolluntersuchungen

Radiologische Kontrolluntersuchungen wurden im Schnitt 2.2 mal, mit einer Bandbreite von 0—5, durchgeführt. Der Zeitraum betrug 0—546 Tage nach der Operation.

Betrachtet man die Kontrollröntgen, welche direkt im Anschluss an die TPLO Operation durchgeführt wurden, so erkannte man hauptsächlich radiologische Erscheinungen, welche eine Folge der Operation darstellten. Diese waren in 50 Fällen Gasdepots im Weichteilgewebe (62.50 %), elf Weichteilschwellungen (13,75 %) sowie sieben Gelenkfüllungen (8,75 %).

Im Verlauf der radiologischen Kontrolluntersuchungen war die häufigste Erscheinung eine Tendinopathie des *Lig*. *patellae* in 22 Fällen (42.31 %), wobei beide Platten hierbei annähernd gleich viel Prozent zeigten. Allerdings muss auch hier die geringe Fallzahl an Arthrex Platten berücksichtigt werden. Weiteres zeigten sich bei Fällen, welche mit der Platte der Firma DePuy Synthes operiert wurden, zwölf persistierende Gelenkfüllungen (24 %), fünf periostale Reaktionen (10 %) in den Bereichen des distales Plattenendes, der kranialen Kontur der *Fibula*, der *Tuberositas tibiae* und im lateralen Aspekt der *Tibia* im Bereich der Schraubenspitzen, sowie fünf Platteninfektionen (10 %).

In Tab. 14 sind alle radiologischen Veränderungen, welche direkt postoperativ als auch im Verlauf der Kontrolluntersuchungen in Erscheinung traten, inklusive deren Absoluten und Plattenspezifischen Häufigkeiten, dargestellt.

Tab. 14: Radiologische Befunde und deren Häufigkeiten und Plattenzugehörigkeit

Radiologische Befunde	**Gesamt (n=132)**	**post Op**			**Verlauf**		
		Gesamt (n=80)	**Synthes (n=72)**	**Arthrex (n=8)**	**Gesamt (n=52)**	**Synthes (n=50)**	**Arthrex (n=2)**
Gasdepots	50 (37.88 %)	50 (62.50 %)	46 (63.89 %)	4 (50,00 %)	-	-	-
Weichteilschwellung	15 (11.36 %)	11 (13.75 %)	10 (13.89 %)	1 (12,50 %)	4 (7.69 %)	3 (6.00 %)	1 (50 %)
Gelenkfüllung	19 (14.39 %)	7 (8.75 %)	6 (8.33 %)	1 (12,50 %)	12 (23.08 %)	12 (24.00 %)	
Verlagerung distale *Tibia*	4 (3.00 %)	4 (5.00 %)	3 (4.17 %)	1 (12,50 %)			
Stufenbildung	4 (3.00 %)	3 (3.75 %)	3 (4.17 %)		1 (1.92 %)	1 (2.00 %)	
Tendinopathie *Lig. patellae*	24 (18.18 %)	2 (2.50 %)	2 (2.78 %)		22 (42.31 %)	21 (42.00 %)	1 (50 %)
Absprengung *Tibia*	2 (1.52 %)	2 (2.50 %)	1 (1.39 %)	1 (12,50 %)			
Bohrlöcher in *Fibula*	1 (0.76 %)	1 (1.25 %)	1 (1.39 %)				
Platteninfektionen	5 (3.79 %)				5 (9.62 %)	5 (10.00 %)	
Periostale Reaktion	5 (3.79 %)				5 (9.62 %)	5 (10.00 %)	
Tendopathie *M. gastrocnemius*	1 (0.76 %)				1 (1.92 %)	1 (2.00 %)	
Lyse *Tibia*	2 (1.52 %)				2 (3.85 %)	2 (4.00 %)	

Die Zeitspanne zwischen Operation und Knochenheilung betrug im Schnitt 136.7 ± 123.2 Tage (19.5 ± 17.6 Wochen/4.6 ± 4.1 Monate).
Wirft man wiederum einen Blick auf die beiden Plattensysteme so erhielt man bei der Synthes Platte im Schnitt 138.2 ± 125.4 Tage (19.7 ± 17.9 Wochen/4.6 ± 4.8 Monate) und bei der Arthrex Platte 101.5 ± 53.0 Tage (14.5 ± 7.6 Wochen/3.4 ± 1.8 Monaten). Auch hier muss, wie bei der Angabe der Zeitspanne bis zur klinischen Lahmheitsfreiheit, berücksichtigt werden, dass bei Fällen mit Synthes Platte die Zeitspannen zwischen den Kontrolluntersuchungen teilweise sehr groß waren. Würde man also auch hier jene Werte, welche deutlich über jenen Zeitspannen der Arthrex Platte lagen, aus der Berechnung nehmen, würde man ein Ausreißer-berichtigtes Ergebnis von 86.5 ± 23.9 Tagen (12.4 ± 3.4 Wochen/2.9 ± 0.8 Monate) als Zeitspanne bis zur Knochenheilung für die Synthes Platte erhalten. Die jeweiligen Zeitspannen innerhalb derer eine Knochenheilung eintrat, betrug bei der Synthes Platte 45—546 Tage (Ausreißer-berichtigt: 45—132) und bei der Arthrex Platte 64—139 Tage.

Bei 82 Kniegelenken (79.61 %) wurde zum Zeitpunkt der TPLO eine Gonarthrose diagnostiziert. Davon wurden 47 (57.32 %) als gerringgradig, acht (9.76 %) als mittelgradig und drei (3.65 %) als hochgradig klassifiziert. Bei 23 (29.27 %) wurde keine Angabe zum Grad der Gonarthrose gemacht, sondern lediglich das Vorhandensein vermerkt,.
Im Verlauf der radiologischen Kontrolluntersuchungen wurden folgende Entwicklungen der Gonarthrose festgestellt. Insgesamt stieg die Anzahl von Kniegelenken mit Arthrose auf 89 (86.41 %), was einem Zuwachs von 6.8 % entsprach.
Differenziert man nun nach der verwendeten TPLO Platte, so erhielt man folgendes Ergebnis. Vierundachtzig (87.5 %) der insgesamt 96 Kniegelenke, welche mit der Platte der Firma DePuy Synthes operiert wurden, litten im Verlauf der radiologischen Kontrolluntersuchung an einer Gonarthrose. Davon wurden bereits bei 78 Gelenken, vor der Operation, arthrotische Veränderungen festgestellt. Daraus resultierte ein Zuwachs von sechs Kniegelenken (7.14 %). Betrachtet man den Verlauf jener Gelenke, welche bereits vorher an Gonarthrose litten, so blieb bei 44 (52.38 %) der Grad gleich, bei 22 (26.19 %) nahm die Arthrose zu und bei zwölf (14.29 %) wurde kein Verlauf festgehalten.
Bei Kniegelenken, welche mit der TPLO Platte von Arthrex® VetSystems operiert wurden, wurde bei fünf (71.43 %) eine Gonarthrose im Verlauf der Studie diagnostiziert. Davon waren bereits vier arthrotische Gelenke bekannt. Das bedeutete einen Zuwachs von einem Kniegelenk (20 %). Hier zeigte sich folgender Verlauf. Bei drei (60 %) war das Ausmaß gleich bleibend und bei einem (20 %) Kniegelenk zunehmend.

Der mittlere Tibiaplateauwinkel vor der Operation betrug im Schnitt 27.71° ± 3.09° (19.5—41°). Der Tibiaplateuwinkel nach TPLO betrug durchschnittlich 9.51° ± 3.76° (1.4—19°). Das entsprach einer mittleren Tibiplateauwinkel-Reduktion von 18.2°, welche durch diese Operationstechnik erreicht wurde.
Betrachtet man wiederum die beiden verschiedenen Plattensysteme, erhielt man bei Fällen, bei dene die Synthes Platte zum Einsatz kam, nach präoperativen Winkeln von 27.85° ± 3.05° (19.5—41°), postoperative Werte von 9.85° ± 3.63° (4—19°). Bei Fällen mit der Arthrex Platte wurden nach präoperativen Tibiaplateauwinkeln von 25.2° ± 3.11 (20—28°), postoperative Werte von 5.98° ± 3.56° (1.4—11°) erreicht.

Es lies sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Tibiaplateauwinkel und der Entwicklung von Meniskusläsionen (p = 0.590) erkennen, jedoch der Trend, dass mit steigendem Tibiaplateuwinkel auch die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines primären Meniskusschadens stieg (Abb. 11).

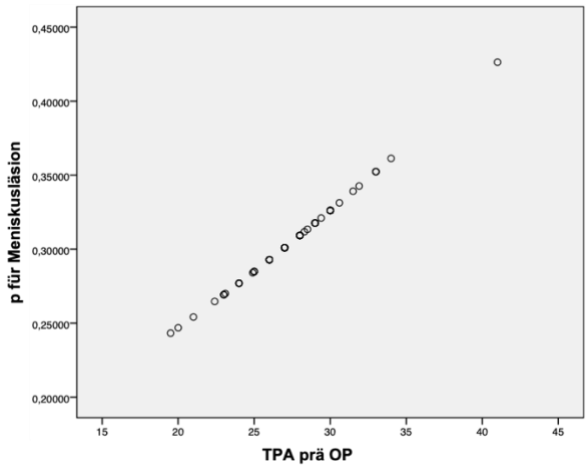

Abb. 9: Zusammenhang zwischen präoperativen Tibiaplateauwinkel und Meniskusläsion

4.6. Komplikationen

Die Gesamtkomplikationsrate nach 103 TPLO Operationen lag bei 22.33 % und entspricht 23 Fällen, bei denen Komplikationen auftraten.

Bei vier Fällen (3,90 %) kam es intraoperativ zu Komplikationen. Davon waren zwei Drittel, also drei Fälle, als Blutung der *A. tibialis caudalis* beschrieben. Bei einem weiteren Fall wurden Schwierigkeit bei der Reposition der Osteotomie festgehalten.

Die Gesamtkomplikationsrate postoperativ lag bei 20 Fällen (19.41 %), wovon 14 (13,59 %) gerringgradige Komplikationen („minor complications“) und sechs (5,83 %) mittelgradige Komplikationen („major complications“) waren. Es gab keine hochgradigen Komplikationen („catastrophic complications“). Insgesamt waren 13 (12.62 %) Kurzzeit Komplikationen („Short term“, 3—6 Monate postoperativ), fünf (4.85 %) Mittelfristige („Mid term“, 6—12 Monate postoperativ) und zwei (1.94 %) Langzeit Komplikationen („Long term“, mehr als 12 Monate postoperativ) zu sehen.
Bei einem Fall war sowohl eine intraoperative als auch eine postoperative Komplikation zu vermerken.

Tab. 15 zeigt einen Überblick über die Gesamtkomplikationsraten, als auch die Einteilungen entsprechend dem Zeitraum des Auftretens und dem Schweregrad.

Tab. 15: Komplikationen

	Gesamt	**Synthes**	**Arthrex**
Gesamtkomplikationen	22.33 % (23)	22.91 % (22)	14.28 % (1)
intraoperativ	3.9 % (4)	4.17 % (4)	-
Gesamt postoperativ	19.41 % (20)	19.79 % (19)	14.28 % (1)
geringgradige (minor)	13.59 % (14)	13.54 % (13)	14.28 % (1)
mittelgradige (major)	5.83 % (6)	6.25 % (6)	-
hochgradige (catastrophic)	-	-	-
Kurzzeit (short term)	12.62 % (13)	12.50 % (12)	14.28 % (1)
Mittelfristig (mid term)	4.85 % (5)	5.21 % (5)	-
Langzeit (long term)	1.94 % (2)	2.08 % (2)	-

Werte in (...) entsprechen den Absolutwerten

Betrachtet man die Art der Komplikation fand man bei den Kurzzeit Komplikationen hauptsächlich Gelenksfüllungen, Tendinopathien des *Lig. patellae*, Meniskusschäden, verzögerte Knochenheilung, implantatassoziierte Komplikationen (Infektion) und eingeschränkten Bewegungsumfang (Range of Motion/ROM). Mittelfristig zeigten sich wiederum Tendinopathien des *Lig. patellae*, Platten-assoziierte Komplikationen

(Plattenreaktionen), persistierende Lahmheit und Gelenkfüllung. Langzeit Komplikationen beschränkten sich auf implantatassoziierte Komplikationen (Infektion, Plattenfistel) und Meniskusschäden. Alle Meniskusschäden und Komplikationen, welche auf die TPLO Platte zurückzuführen waren, fielen in die Gruppe der mittelgradigen Komplikationen und erhielten demnach eine weitere Therapie.
Bis auf eine Komplikation, der persistierenden Gelenkfüllung bei der Arthrex Platte, waren alle weiteren Komplikationen bei der Synthes Platte zu beobachten.
In Tab. 16 ist eine Zusammenfassung der einzelnen Komplikationen und deren Häufigkeit inklusive der Plattenzugehörigkeit dargestellt.

Alle Erscheinungen, welche in die von Cook et al. kategorisierte Gruppe der direkt postoperativen Komplikationen bis drei Monate zuzuordnen waren, entsprachen im Wesentlichen den bereits zuvor genannten klinischen und radiologischen postoperativen Outcomes (siehe oben).

Tab. 16: Art der Komplikationen in Absoluten Zahlen und deren Plattenzugehörigkeit

Komplikation	**Synthes**	**Arthrex**
Kurzzeit („short term“)		
Tendinopathie *Lig. patellae*	6	
Persistierende Gelenkfüllung	7	1
Sekundärer Meniskusschaden	1	
Implantat Infektion	1	
Verzögerte Knochenheilung	1	
Eingeschränkte ROM	1	
Mittelfristig („mid term“)		
Tendinopathie *Lig. patellae*	2	
Persistierende Lahmheit	1	
Plattenreaktion	1	
Persistierende Gelenkfüllung	1	
Langzeit („long term“)		
Sekundärere Menisksuchaden	1	
Implantat Infektion	1	

Versucht man nun die aufgetretenen Komplikationen in Zusammenhang mit dem Geschlecht, dem Alter und dem Gewicht zu bringen, so fiel zunächst einmal auf, dass der Großteil der Komplikationen bei weiblichen und weiblich kastrierten Tieren (73.68 %) zu finden war. Im Bezug zum Alter lag das Durchschnittsalter jener Fälle, welche eine Komplikation entwickelten, bei 60.42 ± 35.79 Monaten (5,04 ± 2.98 Jahre) und somit etwas unter dem Durchschnittsalter aller Fälle im Studienzeitraum (69.7 ± 38.3 Monate /5.81 ± 3.19 Jahre). Unterteilt man weiteres in Altersgruppen (0—5 Jahre, 5—10 Jahre und >10 Jahre), war der Großteil der Patienten mit Komplikation in der Gruppe der 0—5 Jährigen zu finden (57.89 %). Das Durchschnittsgewicht der Patienten, welche eine Komplikation entwickelten lag bei 33,54 ± 10.47 kg und somit etwa im Bereich des Durchschnittsgewichtes aller Fälle (33.4 ± 11.5 kg).

Bei 23 von 103 TPLO Operationen (22.33 %) wurde im Laufe der Studiendauer die Osteotomie Platte wieder entfernt. Im Durchschnitt fand dies nach 392 ± 257 Tagen (13,1 ± 8.6 Monate/1,07 ± 0.7 Jahre) nach der Operation, mit einer Bandbreite von 98—970 Tagen, statt. In 17 Fällen war keine Angabe über den Grund dokumentiert. Weitere Gründe waren zwei Plattenreaktionen (8.69 %), zwei Platteninfektionen (8.69 %), oder Entfernung im Zuge einer TPLO der kontralateralen Extremität ebenfalls in zwei Fällen (8.69 %).

5. Diskussion

Die Tibial plateau leveling osteotomy zählt zu den am häufigsten durchgeführten chirurgischen Stabilisierungstechniken, für eine vielfach vorkommende orthopädische Erkrankung der Hinterextremität, dem kranialen Kreuzbandriss beim Hund. Viele verschiedene Plattensysteme sind momentan vorhanden, wobei winkelstabile Systeme im Trend liegen, unter anderem aufgrund der zahlreichen Vorteile, wie etwa erhöhte Stabilität bei der Fixation oder leichteres Anbringen an der Osteotomie, die diese Systeme mit sich bringen. So kommen auch an der Veterinärmedizinischen Universität Wien hauptsächlich winkelstabile Platten der Firmen DePuy Synthes und Arthrex® VetSystems zum Einsatz. Demnach war Ziel dieser Arbeit, herauszufinden, ob die Ergebnisse der TPLO in Anbetracht der beiden winkelstabilen Plattensysteme in Bezug auf klinische Präsentation und radiologische Erscheinungen sowie Komplikationen, vergleichbar mit den bisher veröffentlichten Daten sind. Die hierfür aufgestellte Hypothese, dass die Verwendung einer winkelstabilen 3.5 mm Platte (DePuy Synthes oder Arthrex® VetSystems) zur Stabilisierung eines kranialen Kreuzbandrisses beim Hund, mittels Tibial Plateau Leveling Osteotomy, zu vergleichbaren klinischen und radiologischen Ergebnissen führt, wie sie in der Literatur beschrieben sind, konnte im wesentlichen belegt werden. Die ebenfalls aufgestellte Hypothese, dass zusätzlich dieselbe oder eine geringere Komplikationsrate, als die bisher publizierten 12.5 % für die Synthes Platte (Kowaleski et al. 2013) erwartet wurde, kann mit einer Komplikationsrate von 22.33 % nicht belegt werden.

Die Zeitspanne bis zur klinischen Lahmheitsfreiheit lag, mit im Schnitt 72.4 Tagen (10.3 Wochen/2.4 Monate), etwa im vorderen Drittel von bereits publizierten Werten von 6—8 Wochen (Barnes et al. 2016) bis sechs Monate (Livet et al. 2019). Dieser Wert könnte in der Tatsche begründet sein, dass mit 28.16 % primärer Meniskusläsionen in dieser Studie, weniger Meniskusschäden, als die in der Literatur beschriebene Inzidenz von 33.2—77 % (Williams et al., Ralphs und Whitney 2002, Casale und McCarthy 2009, Tobias und Johnston 2011) dedektiert wurden, was sich in einer schnelleren postoperativen Regeneration wiederspiegelt. Fälle, welche mit der Arthrex Platte operiert wurden, waren innerhalb von durchschnittlich 39.5 Tagen (5.6 Wochen/1.3 Monate) wieder lahmheitsfrei. Zu berücksichtigen ist aber, das in dieser Studie kein Hund mit Arthrex Platte einen primären Meniskusschaden aufzuweisen hatte.

Im Bezug auf palpationsbedingten Langzeitschmerz, über ein Monat nach der Operation, waren in dieser Studie mit 8.74 % deutlich weniger Patienten betroffen, als in der Literatur beschrieben. Christopher et al. (2013) publizierte eine Rate von 47.7 % der Hunde, welche mit Langzeitschmerz zu kämpfen hatten und Beer et al. (2018) berichteten sogar von ein bis zwei Drittel der Patienten, welche nach TPLO an Langzeitschmerz litten. Auch hier muss die Tatsache der verhältnismäßig geringeren Anzahl an primären Meniskusläsionen in der Interpretation berücksichtigt werden, da einerseits das Kniegelenk eine geringere Schädigung erlitt und es andererseits, durch eine nicht notwendige Intervention zur Therapie des Meniskusschadens, keinem zusätzlichen Trauma unterzogen wurde. Zusätzlich zu erwähnen ist, dass 14.28 % der Patienten welche eine Arthrex Platte erhielten, mit Langzeitschmerz zu kämpfen hatten, obwohl keine primäre Meniskusläsion vorhanden war. Bei Hunden mit Synthes Platte waren es 8.33 %.

Im Verlauf der Studiendauer entwickelten insgesamt 21.36 % der Fälle eine Muskelatrophie. Beer et al. (2018) berichteten ebenfalls von einer initialen Muskelatrophie in den ersten Wochen postoperativ, welche sich aber im Verlauf von 6—12 Monaten wieder dem Ausgangswert näherte. Wie viele Patienten in der hier durchgeführten Studie in welcher Zeit wieder Normwerte erreichten, ist aus Gründen von Datenmangel leider nicht zu sagen. Betrachtet man die beiden Plattensysteme, so zeigten 19.79 % der Fälle welche mit der Platte der Firma DePuy Synthes operiert wurden und 42.86 % der Patienten mit Athrex Platte eine Muskelatrophie. Bedenkt man, dass Hunde der Arthrex Gruppe, auch eine erhöhte palpationsbedingte Schmerzhaftigkeit aufwiesen, könnte dies auch mit verminderten Einsatz der entsprechenden Extremität einhergegangen sein. Interessanterweise zeigten aber die Fälle mit Arthrex Platte eine kürzere Lahmheitsphase postoperativ, wodurch sich Frage stellt, ob die Muskelatrophie der Lahmheit zurückbleibt, aber aufgrund der anfangs höheren Schmerzhaftigkeit stärker ausfällt.
Limitierend zu erwähnen ist aber auf jeden Fall der subjektive Einfluss der UntersucherInnen, da nicht alle Patienten von dem/der selben UntersucherIn beurteilt wurden. Abhilfe würde hierbei eine objektive Lahmheitsanalyse, beispielsweise mittels Druckmessplatten schaffen, die die Subjektivität der UntersucherIn ausblendet.

Die Zeitspanne von der Operation bis zur radiologisch befundenen Knochenheilung waren durchschnittlich 136.7 Tage (19.5 Wochen/4.1 Monate). Bei der Arthrex Platte waren es 101.5 Tagen (14.5 Wochen/3.4 Monate) und bei der Synthes Platte 138.2 Tage (19.7 Wochen/4.6

Monate). Korrigiert man die Werte aufgrund langer Intervalle zwischen den Kontrolluntersuchungen, wäre die Zeit bis zur Knochenheilung bei Fällen mit Synthes Platte 86.5 Tagen (12.4 Wochen/2.9 Monate). Die schnellere Knochenheilung bei den korrigierten Werten der Synthes Platte, könnte auf die Formation des Plattenschaftes zurückzuführen sein. Der Schaft der Synthes besitzt zwei DCP Löcher, im Vergleich zu einem DCP Loch bei der Arhrex Platte, welche auf der Kleintierchirurgie der Veterinärmedizinsichen Universtiät Wien auch als solche verwendet werden. Dadurch erzielt man bei der Synthes Platte eine höhere Kompression zwischen den beiden Tibiasegmenten, weshalb es zu einer schnelleren Knochenheilung kommt.

Zum Zeitpunkt der Operation litten 79.61 % aller Patienten an einer Gonarthrose im betroffenen Kniegelenk, welche im Verlauf der Studiendauer auf 86.41 % anstieg. Die beobachtete Progression der Osteoarthrose im Kniegelenk nach durchgeführter TPLO deckt sich mit Angaben aus der Literatur, wo viele bisher publizierten Studien ebenfalls eine gewisse Progression im postoperativen Verlauf feststellten (Rayward et al. 2004, Hurley et al. 2007, Berger et al. 2015, Beer et al. 2018, Livet et al. 2019). Es muss allerdings jedenfalls limitierend erwähnt werden, dass die in dieser Studie beobachteten Osteoarthrosen nicht mit einem entsprechenden validierten Osteoarthrose-Score (Wessely et al. 2017) berechnet wurden, wodurch es für eine wirkliche Aussage, einer zukünftigen Kalkulation bedarf.

Die in dieser Studie erlangte Gesamtkomplikationsrate von 22.33 % deckt sich mit Werten aus der Literatur, welche Komplikationsraten von 12.5—38.5 % beschreibt (Kowaleski et al. 2013, Beer et al. 2018, Chiu et al. 2019, Livet et al. 2019). Intraoperative Komplikationen kamen in 3.9 % der Fälle vor und liegen somit ebenfalls im Bereich publizierter Werte von 1.9—7.1 % (Kowaleski et al. 2013, Beer et al. 2018).
Vergleicht man die Ergebnisse der postoperativen gerringgradigen Komplikationen mit der Literatur, fällt auf, dass in dieser Studie eine deutlich höhere Rate, nämlich 13.59 %, für geringgradige Komplikationen erreicht wurde, als die bisher beschriebenen 5.4—7.7 % (Kowaleski et al. 2013, Livet et al. 2019). Die häufigsten vorkommenden geringgradigen Komplikationen in dieser Studie waren Tendinopathien des *Lig. patellae* sowie persisitierende Gelenkfüllungen. Ursächlich für Tendinopathien können unter anderem zu geringe Kühlung während der Osteotomie sein, wodurch das Sägeblatt zu heiß wird und bei Berührung mit dem *Lig. patellae,* Mikroläsionen desselben verursacht. Des Weiteren können die erhöhten Werte für gerringgradige Komplikationen, im Vergleich zur Literatur, der Organisationsstruktur der

Veterinärmedizinischen Universität Wien, nämlich der eines Ausbildungszentrums, geschuldet sein. Während die TPLO Operationen in den Publikationen von erfahrenen Diplomates durchgeführt wurden, wurden einige Fälle dieser Studie von Residents und jungen Chirurgen operiert. So bemerkte Christopher et al. (2013) eine dreimal höhere Komplikationsrate bei TPLO Operationen, wenn diese nicht von einem Diplomate, sondern von einem Resident, durchgeführt wurde.
Mittelgradige Komplikationen traten in dieser Studie in 5.83 % der Fälle auf. In der Literatur streuen diese Werte deutlich. So erreichten Livet et al. mit 30.8 % eine deutlich höhere Rate für mittelgradige Komplikationen für die Synthes Platte, als die hier erlangten 6.25 % (Livet et al. 2019). Kowaleski et al. hingegen erhielten in ihrer Studie für die Synthes Platte gar keine mittelgradigen Komplikationen und dies entspricht demnach, den in dieser Studie dokumentierten Werten für die Arthrex Platte (Kowaleski et al. 2013). Des weiteren zeigten beide Studien, welche sich mit der Synthes Platte beschäftigten, genau wie in dieser Studie, keine hochgradigen Komplikationen (Kowaleski et al. 2013, Livet et al. 2019).

Zum Zeitpunkt der Operation wurde bei 28.16 % der Kniegelenke eine Meniskusläsion festgestellt. Das entspricht in etwa der unteren Grenze der Inzidenz, der mit 33.2—77 % in der Literatur angegebenen Häufigkeit (Williams et al., Ralphs und Whitney 2002, Casale und McCarthy 2009, Tobias und Johnston 2011). Mit 68.97 % medialer Meniskusschäden liegt auch dieser Wert in den mit 33—72 % bisher publizierten Häufigkeiten (Lampman et al. 2003, Plesman et al. 2013, Coletti et al. 2014, Dillon et al. 2014, Ritzo et al. 2014, Chiu et al. 2019). Den größten Anteil an Meniskusschäden in dieser Studie stellten Korbhenkelrisse des Kaudalhorns des medialen Meniskus, umgeschlagene sowie aufgefaserte Menisken dar. Korbhenkelrisse werden, auch in der Literatur mit einer Inzidenz von 28—38 %, als eine der häufigsten Meniskusschäden angegeben (Lampman et al. 2003, Ritzo et al. 2014). Umgeschlagene beziehungsweise aufgefaserte Menisken wurden in der Literatur nicht explizit erwähnt und demnach ist ein Vergleich über die tatsächliche Häufigkeit schwierig zu treffen.
Die Feststellung von Dillon et al., dass die Wahrscheinlichkeit einer Meniskusläsion deutlich höher ist, wenn es sich um einen kompletten Kreuzbandriss handelt (Dillon et al. 2014), wurde in dieser Studie bestätigt. Ein Drittel der Meniskusschäden trat in der hier durchgeführten Studie nach komplettem Kreuzbandriss auf. Dem gegenüber stehen etwa ein Zehntel der Meniskusschäden nach partiellem Kreuzbandriss.
Interessant zu sehen war, dass mit 63.64 % die Rasse des American Staffordshire Terrier überproportional häufiger mit einem initialen Meniskusschaden detektiert wurde. Versucht

man eine Ursache dafür zu finden und vergleicht mit weiteren häufig betroffen Rassen, so fällt auf, dass der durchschnittliche Tibiaplateauwinkel nur minimal größer (0.5—0.68° größer), das durchschnittliche Gewicht und das Alter jedoch niedrieger waren. Ob und inwiefern dies ein Grund ist, beziehungsweise ob es sich um einen Zufallsbefund handelt oder ob diese Rasse wirklich eine deutlich höhere Inzidenz aufweist, muss mit einer größeren Anzahl an Probanden geklärt werden.

Weiblich und weiblich kastrierte Hunde entwickelten mit 73.68 % mehr Komplikationen als männlich und männlich kastrierte Tiere. Inwiefern das auf die etwas höhere Fallzahl für weibliche Tiere zurück zu führen ist, bleibt allerdings offen.
Das Durchschnittsalter in dieser Studie betrug zum Zeitpunkt der TPLO Operation 5.81 Jahre und deckte sich wieder mit bereits bekannten Angaben zwischen 3.8—7.4 Jahre (Lampman et al. 2003, Harasen 2008, Witsberger et al. 2008, Fitzpatrick und Solano 2010, Guthrie et al. 2012, Coletti et al. 2014, Chiu et al. 2019). Die Erkenntnis von Chiu et al., dass schwere Hunde mit jüngerem Alter einen Kreuzbandriss entwickelten, konnte in dieser Studie nicht erfasst werden (Chiu et al. 2019). Das Durchschnittsalter jener Tiere, die im Laufe der Studie Komplikationen entwickelten, lag mit 5.04 Jahren etwas unter dem Durchschnittsalter aller Fälle. Interessant war jedoch, dass die meisten Komplikationen mit 57.89 % bei jüngeren Tieren unter 5 Jahre aufgetreten sind, was wohl auf die schwierigere postoperative Ruhigstellung junger Tiere zurück zu führen ist.
Der American Staffordshire Terrier stellte in dieser Studie einen großen Anteil der betroffenen Rassen dar, welche bis dato in Studien kaum bis gar nicht erwähnt wurden. Da die Unterschiede zu anderen Rassen, vor allem die der prädisponierenden Faktoren Alter, Gewicht und Tibiaplateauwinkel, wie bereits bei den Meniskusläsionen beschrieben, nur gering sind, stellt sich die Frage ob die Häufung dieser Rasse mit ihrer regionalen Beliebtheit zusammenhängt.

Mit 22.33 % Plattenentfernungen im Verlauf der Studiendauer wurden deutlich mehr Platten postoperativ wieder entfernt, als die mit 2.3—4.8 % bisher beschriebene Notwendigkeit (Bergh und Peirone 2012, Beer et al. 2018). Dazu ist aber zu sagen, dass aus den Dokumentationen nicht immer hervorging, ob die Plattenentfernung immer notwendig war oder aus anderen Gründen stattgefunden hat. Häufige Indikationen einer Implantatentfernung, sind vor allem Platten assoziierte Komplikationen, wobei in dieser Studie nur jeweils zwei Plattenentfernungen aufgrund Plattenreaktion und Wundinfektion stattgefunden haben.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die beiden winkelstabilen Plattensysteme der Firmen DePuy Synthes und Arthrex® VetSystems ähnliche klinische und radiologische Ergebnisse liefern, wie bereits in der Literatur beschrieben.
Betrachtet man die klinischen und radiologischen Ergebnisse der beiden Platten in den Kategorien Zeit bis zur klinischen Lahmheitsfreiheit, Langzeitschmerz, Knochenheilung, Entwicklung beziehungsweise Verlauf von Gonarthrosen und Komplikationsraten separat, so fällt auf, dass in jeder Kategorie zwar jeweils eine der beiden Platten geringe Vorteile zeigen dürfte, im Gesamten aber jede Platte in drei der sechs Kategorien etwas besser abschneiden konnte. So zeigte in dieser Studie die Synthes Platte bessere Werte in den Kategorien Langzeitschmerz, Muskelatrophie und Zuwachs an Kniegelenken mit postoperativer Gonarthrose, während die Arthrex Platte in den Bereichen Komplikationrate, Zeit bis zur klinischen Lahmheitsfreiheit und Zeit bis zur radiologischen Knochenheilung etwas bessere Werte erreichte. Diese Feststellung ist aber aufgrund der deutlich geringeren Fallzahlen mit Arthrex Platte, eher eine Tendenz und keinesfalls eine fundamentierte Aussage.

Grenzen dieser Studie waren der retrospektive Charakter, wodurch nicht immer eine lückenlose Dokumentation der einzelnen Fälle beziehungsweise keine Möglichkeit der zusätzlichen Datenbeschaffung, durch weitere Nachuntersuchungen oder Besitzerbefragungen gegeben war.
Weiterführend wäre erstrebenswert, eine derartige Studie mit größeren Fallzahlen zu wiederholen oder in einer prospektiven Form die beiden Plattensysteme zu vergleichen, um eine eventuelle Aussage über den Einfluss des veränderten Plattendesigns der Arthrex Platte auf die klinischen und radiologischen Ergebnisse liefern zu können. Im Zuge einer prospektiven Studie wäre gut, durch Besitzerbefragungen, die empfundenen Ergebnisse der beiden Platten miteinfließen zu lassen sowie die Entwicklung der postoperativen Lahmheit mittels Ganganalysen zu objektivieren. Ebenso gilt es, durch die Errechnung eines Osteoarthritis-Scores, auch die Arthroseprogression zu objektivieren.

6. Zusammenfassung

Die Studie beschäftigte sich retrospektiv mit dem Vergleich zweier winkelstabiler TPLO Plattensysteme der Firmen DePuy Synthes und Arthrex® VetSystems, mit bereits publizierten Daten der Literatur. Hierfür wurde die Hypothese, dass die Verwendung einer winkelstabilen 3,5 mm Platte (DePuy Synthes oder Arthrex® VetSystems) zu vergleichbaren klinischen und radiologischen Ergebnissen führt, als wie sie in der Literatur beschrieben sind, aufgestellt. Des Weiteren wurde zusätzlich dieselbe oder eine geringere Komplikationsrate, als die bisher publizierten 12,5 % (Kowaleski et al. 2013) erwartet.
Die notwendigen Daten wurden aus dem Tierspitalinformationssystem der Veterinärmedizinischen Universität Wien gewonnen und umfasste jene Patienten, welche im Zeitraum vom 01.01.2013 bis zum 01.01.2020 eine TPLO mit den entsprechenden Plattensystemen erhalten haben.

Nach 103 TPLO Operationen (bei 77 Hunden) befanden sich die Werte dieser Studie in den Bereichen, Zeit bis zur klinischen Lahmheitsfreiheit, nach durchschnittlich 72.4 Tagen postoperativ und einer Gesamtkomplikationsrate von 22.33 %, in den Bereichen bisher publizierter Daten. Mit 8.74 %, zeigten in dieser Studie deutlich weniger Patienten einen palpationsbedingten Langzeitschmerz über ein Monat nach der Operation als in der Litertaur beschrieben. Eine Muskelatrophie im Verlauf der klinischen Kontrolluntersuchungen war in 21.36 % der Fälle zu beobachten. Die radiologische Knochenheilung trat im Schnitt nach 136.7 Tagen postoperativ ein und ein Anstieg um 6.8 % an Kniegelenken mit Gonarthrose im postoperativen Verlauf war zu dedektieren.

Aufgrund der in dieser Studie erlangten Daten wurden die Hypothese der Vergleichbarkeit der beiden Plattensysteme mit der Literatur belegt. Die zweite Hypothese, konnte jedoch mit einer Komplikationsrate von 22.33 % nicht erfüllt werden und wurde somit widerlegt.
Die Vergleichbarkeit der beiden Plattensysteme untereinander konnte aufgrund einer zu geringen Fallzahl an Arthrex Platten nicht auf fundamentierte Weise erfolgen. Jedoch lieferte in dieser Studie die Synthes Platte in den Kategorien, Langzeitschmerz, Muskelatrophie und Zuwachs an Kniegelenken mit Gonarthrose etwas bessere Werte, wohingegen die Arthrex Platte in den Bereichen Komplikationrate, Zeit bis zur klinischen Lahmheitsfreiheit und Zeit bis zur radiologischen Knochenheilung, etwas besser abschnitt.

7. Summary

The aim of this study was to compare two locking compression TPLO systems from DePuy Synthes and Arthrex® VetSystems, with already puplished data in literature. For this purpose it was hypothesized that the use of a 3,5 mm locking compression plate (DePuy Synthes or Arthrex® VetSystems) leads to comparable clinical and radiological results, as described in the literature. Furthermore, the same or a lower complication rate than the previously published 12,5 % (Kowaleski et al. 2013) was expected.
Necessary data was collected form the animal hospital information system of the University of Veterinary Medicine Vienna and included those patients who received a TPLO with the corresponding plate systems in the period from 01/01/2013 to 01/01/2020.

After 103 TPLO procedures (in 77 dogs), the values of, time till freedom of clinical-lameness, after an average of 72.4 days postoperatively and overall complication rate of 22.33 %, were located in the range of previously puplished data. With 8.74 %, fewer patients in this study showed a certain degree of long-term pain over one month after surgery, than those in preceding papers. Muscle atrophy during clinical control examinations was observed in 21.36 % of the cases. Radiological bone healing occurred after an average of 136.7 days postoperatively and an increase of 6.8 % in stifle joints with osteoarthritis was noticed in postoperative course.

Based on data obtained in this study, the hypothesis about the comparability of the two plate systems with literature was confirmed. The second hypothesis, concerning the complication rate, couldn't be fulfilled with an overall rate of 22.33 % and has therefore been refused.
The comparability of the two plate systems with each other could not be done in a well-founded way due to an insufficiently number of cases with Arthrex plates. However, in this study the Synthes plate delivered slightly better outcomes in the categories, long-term pain, muscle atrophy and increase in stifle joints with osteoarthritis, whereas the Arthrex plate performed a bit better in complication rate, time till freedom of clinical lameness and radiological bone healing.

8. Literaturverzeichnis

Amimoto H, Koreeda T, Ochi Y, Kimura R, Akiyoshi H, Nishida H, Miyabayashi T, Beale BS, Hayashi K, Wada N. 2020. Force Plate Gait Analysis and Clinical Results after Tibial Plateau Levelling Osteotomy for Cranial Cruciate Ligament Rupture in Small Breed Dogs. Veterinary and comparative orthopaedics and traumatology : V.C.O.T, 33(3):183–188.

AO Foundation. https://surgeryreference.aofoundation.org/cmf/basic-technique/locking-plate-principles#locking-versus-nonlocking-plates-advantages-to-a-locking-plate-screw-system (Zugriff 21.06.2020)

Arnoczky S, Torzilli P, Marshall JL. 1977. Biomechanical evaluation of anterior cruciate ligament repair in the dog: an analysis of the instant center of motion. Journal of The American Animal Hospital Association, 13:553–558.

Arthrex 2020. https://www.arthrexvetsystems.com/de/weiterfuehrende-informationen/op-anleitungen/Z2AZESV4sEycAQFle8H1Jg/tplo-plattenset (Zugriff 12.09.2020)

Barnes DC, Trinterud T, Owen MR, Bush MA. 2016. Short-term outcome and complications of TPLO using anatomically contoured locking compression plates in small/medium-breed dogs with „excessive“ tibial plateau angle. The Journal of small animal practice, 57(6):305–310.

Baumgartner W, Wittek T. 2018. Klinische Propädeutik der Haus- und Heimtiere. 9.Auflage. Stuttgart: Enke Verlag.

Beer P, Bockstahler B, Schnabl-Feichter E. 2018. Tibial plateau leveling osteotomy and tibial tuberosity advancement - a systematic review. Tierarztliche Praxis. Ausgabe K, Kleintiere/Heimtiere, 46(4):223–235.

Berger B, Knebel J, Steigmeier-Raith S, Reese S, Meyer-Lindenberg A. 2015. Langzeitergebnis nach chirurgischer Behandlung der Ruptur des vorderen Kreuzbands bei kleinen Hunden. Tierärztliche Praxis Ausgabe K: Kleintiere / Heimtiere, 43(06):373–380.

Bergh MS, Peirone B. 2012. Complications of tibial plateau levelling osteotomy in dogs. Veterinary and comparative orthopaedics and traumatology : V.C.O.T, 25(5):349–358.

Casale SA, McCarthy RJ. 2009. Complications associated with lateral fabellotibial suture surgery for cranial cruciate ligament injury in dogs: 363 cases (1997-2005). Journal of the American Veterinary Medical Association, 234(2):229–235.

Chiu KW, Amsellem PM, Yu J, Ho PS, Radasch R. 2019. Influence of fixation systems on

complications after tibial plateau leveling osteotomy in dogs greater than 45.4 kilograms (100 lb). Veterinary Surgery, 48(4):505–512.

Christopher SA, Beetem J, Cook JL. 2013. Comparison of long-term outcomes associated with three surgical techniques for treatment of cranial cruciate ligament disease in dogs. Veterinary surgery : VS, 42(3):329–334.

Coletti TJ, Anderson M, Gorse MJ, Madsen R. 2014. Complications associated with tibial plateau leveling osteotomy: a retrospective of 1519 procedures. The Canadian veterinary journal = La revue veterinaire canadienne, 55(3):249–254.

Comerford EJ, Smith K, Hayashi K. 2011. Update on the aetiopathogenesis of canine cranial cruciate ligament disease. Veterinary and comparative orthopaedics and traumatology : V.C.O.T, 24(2):91–98.

Cook JL, Evans R, Conzemius MG, Lascelles BDX, McIlwraith CW, Pozzi A, Clegg P, Innes J, Schulz K, Houlton J, et al. 2010. Proposed definitions and criteria for reporting time frame, outcome, and complications for clinical orthopedic studies in veterinary medicine. Veterinary surgery : VS, 39(8):905–908.

DePuy Synthes Vet. http://synthes.vo.llnwd.net/o16/LLNWMB8/US%20Mobile/Synthes%20North%20America/Product%20Support%20Materials/Technique%20Guides/SUTGTPLOPlateJ6544C.pdf (Zugriff 12.09.2020)

Dillon DE, Gordon-Evans WJ, Griffon DJ, Knap KM, Bubb CL, Evans RB. 2014. Risk factors and diagnostic accuracy of clinical findings for meniscal disease in dogs with cranial cruciate ligament disease. Veterinary surgery : VS, 43(4):446–450.

Dye SF, Cannon WDJ. 1988. Anatomy and biomechanics of the anterior cruciate ligament. Clinics in sports medicine, 7(4):715–725.

Fitzpatrick N, Solano MA. 2010. Predictive variables for complications after TPLO with stifle inspection by arthrotomy in 1000 consecutive dogs. Veterinary surgery : VS, 39(4):460–474.

Guthrie JW, Keeley BJ, Maddock E, Bright SR, May C. 2012. Effect of signalment on the presentation of canine patients suffering from cranial cruciate ligament disease. The Journal of small animal practice, 53(5):273–277.

Harasen G. 2008. Canine cranial cruciate ligament rupture in profile: 2002—2007. The Canadian veterinary journal = La revue veterinaire canadienne, 48(10):845–846.

Hayashi K, Manley PA, Muir P. 2004. Cranial cruciate ligament pathophysiology in dogs with cruciate disease: a review. Journal of the American Animal Hospital Association,

40(5):385–390.

Hohmann M. 2018. Bewegungsapparat Hund. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

Hurley CR, Hammer DL, Shott S. 2007. Progression of radiographic evidence of osteoarthritis following tibial plateau leveling osteotomy in dogs with cranial cruciate ligament rupture: 295 cases (2001-2005). Journal of the American Veterinary Medical Association, 230(11):1674–1679.

Johnston SA, Tobias KM. 2018. Veterinary Surgery: Small Animal. Second Edition. St. Louis, Missouri: Elsevier.

Kowaleski MP, Boudrieau RJ, Beale BS, Piras A, Hulse D, Johnson KA. 2013. Radiographic outcome and complications of tibial plateau leveling osteotomy stabilized with an anatomically contoured locking bone plate. Veterinary surgery : VS, 42(7):847–852.

Lampman TJ, Lund EM, Lipowitz AJ. 2003. Cranial cruciate disease: current status of diagnosis, surgery, and risk for disease. Vet Comp Orthop Traumatol, 16(03):122–126.

Livet V, Baldinger A, Viguier É, Taroni M, Harel M, Carozzo C, Cachon T. 2019. Comparison of Outcomes Associated with Tibial Plateau Levelling Osteotomy and a Modified Technique for Tibial Tuberosity Advancement for the Treatment of Cranial Cruciate Ligament Disease in Dogs: A Randomized Clinical Study. Veterinary and comparative orthopaedics and traumatology : V.C.O.T, 32(4):314–323.

McLeod WD. 1985. The biomechanics and function of the secondary restraints to the anterior cruciate ligament. The Orthopedic clinics of North America, 16(2):165–170.

Monahan JJ, Grigg P, Pappas AM, Leclair WJ, Marks T, Fowler DP, Sullivan TJ. 1984. In vivo strain patterns in the four major canine knee ligaments. Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society, 2(4):408–418.

Moore E V, Weeren R, Paek M. 2020. Extended long-term radiographic and functional comparison of tibial plateau leveling osteotomy vs tibial tuberosity advancement for cranial cruciate ligament rupture in the dog. Veterinary surgery : VS, 49(1):146–154.

Plesman R, Gilbert P, Campbell J. 2013. Detection of meniscal tears by arthroscopy and arthrotomy in dogs with cranial cruciate ligament rupture: a retrospective, cohort study. Veterinary and comparative orthopaedics and traumatology : V.C.O.T, 26(1):42–46.

Pozzi A, Kowaleski MP, Apelt D, Meadows C, Andrews CM, Johnson KA. 2006. Effect of medial meniscal release on tibial translation after tibial plateau leveling osteotomy. Veterinary surgery : VS, 35(5):486–494.

Ralphs SC, Whitney WO. 2002. Arthroscopic evaluation of menisci in dogs with cranial cruciate ligament injuries: 100 cases (1999-2000). Journal of the American Veterinary Medical

Association, 221(11):1601–1604.

Rayward RM, Thomson DG, Davies J V, Innes JF, Whitelock RG. 2004. Progression of osteoarthritis following TPLO surgery: a prospective radiographic study of 40 dogs. The Journal of small animal practice, 45(2):92–97.

Ritzo ME, Ritzo BA, Siddens AD, Summerlott S, Cook JL. 2014. Incidence and type of meniscal injury and associated long-term clinical outcomes in dogs treated surgically for cranial cruciate ligament disease. Veterinary surgery : VS, 43(8):952–958.

Salomon F-V, Geyer H, Gille U. 2015. Anatomie für die Tiermedizin. Dritte Auflage. Stuttgart: Enke Verlag.

Slocum B, Slocum TD. 1993. Tibial plateau leveling osteotomy for repair of cranial cruciate ligament rupture in the canine. The Veterinary clinics of North America. Small animal practice, 23(4):777–795.

Tobias KM, Johnston SA. 2011. Veterinary Surgery: Small Animal. Philadelphia, Pa.; London: Saunders.

Vasseur PB, Arnoczky SP. 1981. Collateral ligaments of the canine stifle joint: anatomic and functional analysis. American journal of veterinary research, 42(7):1133–1137.

Vasseur PB, Pool RR, Arnoczky SP, Lau RE. 1985. Correlative biomechanical and histologic study of the cranial cruciate ligament in dogs. American journal of veterinary research, 46(9):1842–1854.

Welch Fossum T. 2009. Chirurgie der Kleintiere. 2.Auflage. München: Elsevier.

Wessely M, Brühschwein A, Schnabl-Feichter E. 2017. Evaluation of Intra- and Inter-observer Measurement Variability of a Radiographic Stifle Osteoarthritis Scoring System in Dogs. Veterinary and comparative orthopaedics and traumatology : V.C.O.T, 30(6):377–384.

Williams JJ, Tomlinson J, Constantinescu GM. Diagnosing and treating meniscal injuries in the dog. Veterinary medicine (USA), v. 89.

Witsberger TH, Villamil JA, Schultz LG, Hahn AW, Cook JL. 2008. Prevalence of and risk factors for hip dysplasia and cranial cruciate ligament deficiency in dogs. Journal of the American Veterinary Medical Association, 232(12):1818–1824.

Woodbridge N, Corr SA, Grierson J, Arthurs G. 2011. A retrospective study of tibial plateau translation following tibial plateau levelling osteotomy stabilisation using three different plate types. Veterinary and comparative orthopaedics and traumatology : V.C.O.T, 24(6):445–449.

9. Anhang

9.1. Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
bds.	beidseits
DCP	Dynamic Compression Plate
ggr.	gerringgradig
hgr.	hochgradig
kg	Kilogramm
LC-DCP	Limited Contact Dynamic Compression Plate
LCP	Locking Compression Plate
Lig.	Ligamentum
M.	Musculus
m.	Männlich
mgr.	mittelgradig
m.k.	Männlich kastriert
OP	Operation
ROM	Range Of Motion
TIS	Tierspitalinformationssystem
TPA	Tibia Plateau Angle
TPLO	Tibial Plateau Leveling Osteotomy
TTA	Tibial Tuberosity Advancement
TWO	Tibia Wedge Osteotomy
V.	Vena
w.	Weiblich
w.k.	Weiblich kastriert

9.2. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Bestandteile des Passiven Modell des Kniegelenks 6
Abb. 2: Begrenzung der Beugung und Streckung des Kniegelenks anhand des Passiven Modells 6
Abb. 3: Kreuzbandriss durch Hyperextension des Kniegelenks 7
Abb. 4: Pathogenese einer Meniskusläsion 13
Abb. 5: Schema einer TPLO 15
Abb. 6: Messung des Tibiaplateauwinkels (© Bildgebende Diagnostik/VMU Wien) 16
Abb. 7: Einfluss von Alter und Gewicht auf die Entwicklung eines Kreuzbandrisses 36
Abb. 8: Zusammenhang zwischen Alter beziehungsweise Gewicht und primäre Meniskusläsion 39
Abb. 9: Zusammenhang zwischen präoperativen Tibiaplateauwinkel und Meniskusläsion ... 45

9.3. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Freiheitsgrade des Kniegelenks (Hohmann 2018) 5
Tab. 2: Geschlechts-, Alters- und Gewichtsverteilung beim kranialen Kreuzbandriss des Hundes 10
Tab. 3: Prozentuelle Verteilung der häufigsten Rassen mit Kreuzbandriss 12
Tab. 4: Meniskusläsionen Häufigkeiten und Lokalisationen 13
Tab. 5: Hersteller TPLO Platten 19
Tab. 6: Vergleich der Platten von DePuy Synthes und Arthrex® VetSystems 21
Tab. 7: Übersicht Komplikationsraten nach TPLO 24
Tab. 8: Publizierte Komplikationen und deren Häufigkeiten nach TPLO 25
Tab. 9: Lahmheitsgrade (Baumgartner und Wittek 2018) 29
Tab. 10: Bedeutungen der Radiologischen Erscheinungen 29
Tab. 11: Rassen und deren Häufigkeiten 35
Tab. 12: Mensikusläsionen und deren Häufigkeiten 38
Tab. 13: Klinische Befunde und deren Häufigkeiten und Plattenzugehörigkeit 40
Tab. 14: Radiologische Befunde und deren Häufigkeiten und Plattenzugehörigkeit 43
Tab. 15: Komplikationen 46
Tab. 16: Art der Komplikationen in Absoluten Zahlen und deren Plattenzugehörigkeit 47