

**Tierärztliche Hochschule Hannover**

**Vergleich von zwei Protokollen der Kälte-Kompressionstherapie nach Tibial  
Plateau Leveling Osteotomy bei Hunden.**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines  
Doktors der Veterinärmedizin  
- Doctor medicinae veterinariae -  
(Dr. med. vet.)

vorgelegt von  
Niklas von Freeden  
Langenhagen

Hannover 2017

Wissenschaftliche Betreuung: Prof. Dr. med. vet. Michael Fehr, Direktor der Klinik für Kleintiere der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

1. Gutachter : Prof. Dr. med. vet. Michael Fehr

2. Gutachter : Prof. Dr. med. vet. Christiane Pfarrer

Tag der mündlichen Prüfung: 04.04.2017

Meinen Eltern

Teile dieser Arbeit sind bereits bei folgender Zeitschrift zur Veröffentlichung eingereicht:

- Tierärztliche Praxis Kleintiere

Dieser Artikel ist nicht genau identisch mit dem Original, das in der Zeitschrift Tierärztliche Praxis veröffentlicht wird. Die bearbeitete und veröffentlichte Version des Artikels "von Freeden N, Duerr F, Fehr M, Diekmann C, Mandel C, Harms O. Comparison of two cold compression therapy protocols after tibial plateau leveling osteotomy in dogs. Tierärztl Prax 2017; 45 (K): xxx" ist ab 12. Juni 2017 online unter <https://tpk.schattauer.de/> zu finden.

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	
1 Einleitung.....	1
2 Literaturübersicht.....	2
2.1 Anatomie des Kniegelenks.....	2
2.1.1 Knöcherner Anteile .....	2
2.1.2 Gelenkkapsel und Bandstrukturen des Kniekehlgelenks (Articulatio femorotibialis) .....	5
2.1.3 Gelenkkapsel und Bandstrukturen des Kniescheibengelenks (Articulatio femoropatellaris).....	6
2.1.4 Die Menisken und deren Bandstrukturen .....	7
2.2 Ätiologie und Pathogenese des kranialen Kreuzbandrisses .....	8
2.3 Ätiologie und Pathogenese der Meniskopathie .....	9
2.4 Diagnostik eines Kreuzbandrisses .....	10
2.4.1 Der klinisch-orthopädische Untersuchungsgang .....	11
2.4.2 Bildgebende Diagnostik.....	12
2.5 Behandlungsmöglichkeiten eines Kreuzbandrisses .....	14
2.5.1 Konservative Therapie.....	14
2.5.2 Chirurgische Therapie .....	15
2.5.2.1 Extraartikuläre Techniken.....	15
2.5.2.2 Intraartikuläre Techniken .....	16
2.5.2.3 Umstellungsosteotomien .....	17
2.5.2.3.1 Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO) .....	17
2.6 Physiotherapeutische und rehabilitationsmedizinische Maßnahmen nach Ruptur des kranialen Kreuzbandes.....	20
3 Material und Methoden .....	25

3.1 Studienpopulation .....	25
3.2 Anästhesie, Analgesie und perioperative Versorgung .....	25
3.3 Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO) .....	26
3.4 Kälte-Kompressionstherapie (CCT) .....	27
3.5 Messparameter .....	28
4 Ergebnisse.....	31
4.1 Ergebnisse der Studienpopulation .....	31
4.2 Ergebnisse der Studiengruppen.....	32
5 Publikation .....	38
5.1 Introduction .....	41
5.2 Materials and methods.....	42
5.3 Results .....	45
5.4 Discussion.....	47
5.5 Conclusion .....	50
5.6 References.....	51
5.7 Figures and Tables .....	54
6 Diskussion .....	59
7 Zusammenfassung.....	65
8 Summary .....	67
9 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis .....	69
10 Literaturverzeichnis .....	70
Anhang.....	79
Danksagung .....	91
Erklärung .....	93



## Abkürzungsverzeichnis

°	= Grad (Winkel)
°C	= Grad Celsius
%	= Prozent
A.	= Arteria
bzw.	= beziehungsweise
ca.	= circa
CCT	= cold compression therapy (Kälte-Kompressionstherapie)
cm	= Centimeter
C.M.	= Cornelia Mandel
CrCL	= cranial cruciate ligament (kraniales Kreuzband)
GCMP	= Glasgow Composite Measure Pain Scale
GPS	= modifizierte Glasgow pain scale
h	= hour (Stunde)
IM	= intramuscular (intramuskulär)
IV	= intravenous (intravenös)
kg	= Kilogramm
Lig.	= Ligamentum
M.	= Musculus
max.	= maximal
mg	= Milligramm
min	= minute (Minute)
mm	= Millimeter
mmHg	= Millimeter Quecksilbersäule
MRI	= Magnetic Resonance Imaging (Magnetresonanztomographie)
MRT	= Magnetresonanztomographie
n	= Anzahl
N.v.F.	= Niklas von Freeden
O.H.	= Dr. Oliver Harms



OP	= Operation
NaCl	= Natriumchlorid
PO	= per os (oral)
q	= quaque (alle)
ROM	= Range of motion (Bewegungsumfang)
TENS	= Transkutane elektrische Nervenstimulation
TNF	= Tumornekrosefaktor
TPLO	= Tibial Plateau Leveling Osteotomy
u.	= und
VAS	= Visual analogue scale
Vol.-%	= Volumenprozent



# 1 Einleitung

Beim Hund gewinnen die postoperative Physiotherapie und Maßnahmen aus dem Bereich der Rehabilitationsmedizin als schnell wachsendes Teilgebiet der Veterinärmedizin immer mehr an Bedeutung (MILLIS u. CIUPERCA 2015). Zum Einsatz kommen hierbei verschiedene Modalitäten, wie zum Beispiel Kälte oder Wärme, Laser und Strom sowie unterschiedliche Trainingsmethoden, wie beispielsweise die Hydrotherapie oder die aktive und passive Bewegungstherapie (MILLIS 2004; CHALLANDE-KATHMANN 2014).

In der folgenden Arbeit wurde die bislang hauptsächlich beim Menschen eingesetzte Technik der prä- und postoperativen Kälte-Kompressionstherapie auf ihre Anwendbarkeit beim Hund nach Tibial Plateau Leveling Osteotomie (TPLO) getestet. Diese Methode soll für eine Reduzierung der postoperativen Schmerzen, verbesserte Mobilität und Beweglichkeit und eine schnellere Genesung des Patienten geeignet sein, zudem einfach und komplikationslos in ihrem Gebrauch. Es wurde ein bereits etabliertes postoperatives Protokoll mit einem neuen Protokoll der einmaligen prä- und postoperativen Anwendung dieser Therapie verglichen. Nach Kenntnis des Autors existiert bis zum jetzigen Zeitpunkt keine Studie zum alleinigen Einsatz der präoperativen Kälte-Kompressionstherapie in der veterinärmedizinischen Literatur, lediglich in der humanmedizinischen Literatur ist eine einzige Studie beschrieben (KOYONOS et al. 2014). Es wurde untersucht, ob die Anwendung eines präoperativen Protokolls ähnlich vorteilhafte Ergebnisse im Hinblick auf schmerzrelevante Parameter erzielt wie die bereits etablierte Nutzung eines postoperativen Protokolls (DRYGAS et al. 2011). Dieses neue Protokoll wäre im Vergleich zu der bisherigen postoperativen Anwendung der Kälte-Kompressionstherapie als einfach zu applizierende und zeit- sowie personal- und kostensparende Technik im postoperativen Rehabilitationsprozess des Hundes geeignet.

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Anatomie des Kniegelenks

Das Kniegelenk (*Articulatio genus*) besteht als zusammengesetztes Gelenk (*Articulatio composita*) aus dem Kniekehlgelenk (*Art. femorotibialis*) sowie dem Kniescheibengelenk (*Art. femoropatellaris*) und gehört zu den Gelenken der Beckengliedmaße (*Articulationes membri pelvini*) (SALOMON et al. 2008). Es stellt sich als bikondyläres Gelenk dar, welches als Spiralgelenk (*Articulatio spiralis*) ausgelegt ist und die Inkongruenz seiner Gelenkflächen mit zwei Faserknorpelscheiben, dem lateralen und dem medialen Meniskus, ausgleicht. Durch seine Konstruktion erlaubt es mit zusätzlich leichten Gleit- und Drehbewegungen einen Bewegungsumfang, der über die übliche Extension und Flexion eines Scharniergelenks hinausgeht (SALOMON et al. 2008).

#### 2.1.1 Knöcherne Anteile

Das Oberschenkelbein, *Os femoris*

Das Femur stellt den stärksten Röhrenknochen des Skeletts dar und ist proximal mit dem halbkugelförmigen Gelenkkopf, dem *Caput ossis femoris*, welches nach medial zeigt, begrenzt (SALOMON et al. 2008). Es besitzt neben seiner Stützfunktion auch eine zentrale Rolle im Vorwärtsschub des Körpers (NICKEL et al. 1990). Zentral auf der Gelenkfläche gelegen findet sich die *Fovea capitis ossis femoris*, welche als knorpelfreier Bereich dem *Ligamentum (Lig.) capitis ossis femoris* Ansatz bietet (SALOMON et al. 2008). Der Kopf ist nach distal durch den Hals, das *Collum ossis femoris*, begrenzt (SALOMON et al. 2008). Lateral am Gelenkkopf gelegen findet sich der große Umdreher, der *Trochanter major*, welcher medial zur *Fossa trochanterica* vertieft ist (NICKEL et al. 1990). Weiter distal des *Caput* gelegen, befindet sich auf der medialen Seite der kleine Umdreher, der *Trochanter minor*. Zwischen ihm und dem *Trochanter major* findet sich kranial die *Linea intertrochanterica*, kaudal liegt dazwischen die *Crista intertrochanterica* (NICKEL et

al. 1990). Am kaudalen Mittelstück befindet sich die großflächige Facies aspera, seitlich vom Labium mediale und Labium laterale begrenzt (NICKEL et al. 1990), die der Adduktorenmuskulatur als Ansatzfläche dient (SALOMON et al. 2008). Zusätzlich begrenzen die Labien divergierend am distalen Schaftende die Facies poplitea (NICKEL et al. 1990). Lateral am Schaftende findet sich die Tuberositas supracondylaris lateralis, welche medial als Tuberositas supracondylaris medialis zu erkennen ist (NICKEL et al. 1990). Am distalen Endstück des Femurs liegen die beiden kaudodistal abgebogenen Gelenkknorren, der Condylus lateralis und der Condylus medialis, welche im Kniekehlgelenk mittels den beiden Kniegelenkmenisken und der Tibia artikulieren (NICKEL et al. 1990). Die beiden Gelenkknorren trennt die Fossa intercondylaris, welche durch einen knöchernen Grat, der Linea intercondylaris von der Facies poplitea getrennt ist (SALOMON et al. 2008). Medial und lateral sind an den Kondylen Bandhöcker, der Epicondylus lateralis und der Epicondylus medialis sowie Bandgruben vorhanden (SALOMON et al. 2008). Kranial am distalen Endstück des Femurs findet sich die Kniescheibenrolle, die Trochlea ossis femoris, welche durch eine Furche in zwei Rollkämme getrennt ist (SALOMON et al. 2008) und mit der Patella im Kniescheibengelenk artikuliert (NICKEL et al. 1990).

#### Kniescheibe, Patella

Die Kniescheibe liegt als größtes Sesambein des Körpers innerhalb der Ansatzsehne des großen Streckmuskels des Kniegelenks, des Musculus (M.) quadrizeps femoris (SALOMON et al. 2008). Sie beeinflusst die Zugrichtung des Muskels und bietet der Sehne Schutz gegenüber Druckbelastung (SALOMON et al. 2008). Femurseitig liegt die Gelenkfläche, die Facies articularis, wohingegen kranial die angeraute Facies cranialis liegt (NICKEL et al. 1990). Grundsätzlich lässt sich bei der Patella zwischen einer proximalen Basis (Basis patellae) und distalen Spitze (Apex patellae) unterscheiden. Funktionell erweitert wird die Kniescheibe proximal, lateral und medial durch Faserknorpel (Fibrocartilagine parapatellares) (SALOMON et al. 2008).

## Schienbein, Tibia

Der Schaft der Tibia (Corpus) ist im proximalen Abschnitt durch die Schienbeinleiste (Margo cranialis) gekennzeichnet, die zudem den dortigen dreiseitigen Querschnitt bedingt (NICKEL et al. 1990). Unter der Haut tastbar ist die Schienbeinbeule (Tuberositas tibiae), welche aus dem verdickten proximalen Margo cranialis hervorgeht und die schwach ausgehöhlten Facies lateralis von der muskelfreien gewölbten Facies medialis trennt (NICKEL et al. 1990). Das proximale Endstück der Tibia ist von zwei Kondylen, dem Condylus lateralis und dem Condylus medialis, gekennzeichnet, welche durch den Kniekehlausschnitt (Incisura poplitea) getrennt sind und unter Einschiebung der faserknorpeligen Menisken sowie den Condyli ossis femoris das inkongruente Kniekehlgelenk bilden (NICKEL et al. 1990). Zwischen den Kondylen ragt der Zwischenknorrenfortsatz (Eminentia intercondylaris) empor, welcher durch die Area intercondylaris centralis in das Tuberculum intercondylare laterale und das Tuberculum intercondylare mediale geteilt wird (NICKEL et al. 1990). Sie dient zudem als Ansatzpunkt des kranialen Kreuzbandes (SALOMON et al. 2008). Seitlich am lateralen Kondylus liegt für die Artikulation mit dem Wadenbein (Fibula) die Facies articularis fibularis (NICKEL et al. 1990). Distal steht die Tibia durch die zweigeteilte Gelenkschraube (Cochlea tibiae) mit dem Tarsalskelett in Verbindung. An der medialen Seite der Gelenkschraube überragt der mediale Knöchel (Malleolus medialis) selbige und lateral liegt zur gelenkigen Anlagerung an die Fibula die Incisura fibularis, welche distal den lateralen Knöchel (Malleolus lateralis) aufweist (NICKEL et al. 1990).

## Wadenbein, Fibula

Das Wadenbein ist schwächer ausgeprägt als das Schienbein und liegt diesem lateral an (NICKEL et al. 1990). Das Caput fibulae, welches das proximale Ende darstellt, geht keine Verbindung mit dem Os femoris ein (SALOMON et al. 2008). Es besteht eine gelenkige Verbindung mit dem Schienbein über die Facies articularis capitis fibulae (SALOMON et al. 2008). Das distale Ende überragt als Malleolus lateralis distal die Cochlea tibiae und artikuliert in der Ausdehnung der Facies articularis malleoli mit der Tibia (NICKEL et al. 1990).

## 2.1.2 Gelenkkapsel und Bandstrukturen des Kniekehlgelenks (Articulatio femorotibialis)

### Die Gelenkkapsel

Das Stratum fibrosum der sehr geräumigen Gelenkkapsel heftet sich an den Gelenkrändern und den abaxialen Meniskenrändern an, während das Stratum synoviale einen medialen und einen lateralen Gelenksack formt, welche miteinander in offener Verbindung stehen (SALOMON et al. 2008). Es lässt sich durch die eingelagerten Menisken je eine proximale und eine distale Gelenketape unterscheiden, welche am axialen Rand der Menisken miteinander in Verbindung stehen. Durch die Ausdehnung der lateralen Gelenkkapsel nach distal in den Sulcus extensorius der Tibia und die damit verbundene Umschließung der Ursprungssehne des langen Zehenstreckers lässt sich dieser Rezessus auch als Schleimbeutel (Bursa synovialis) beschreiben. Auch nach lateral besteht eine Ausbuchtung, welche die Ursprungssehnen des Kniekehlmuskels umgibt. Die mediale Gelenkshöhle steht zudem dorsal noch mit der Kniescheibengelenkshöhle in offener Verbindung und auch die von den beiden Sesambeinen (Ossa sesamoidea musculi gastrocnemii) gebildeten Gelenke sind in die Gelenkkapsel mit eingelagert (NICKEL et al. 1990).

### Seitenbänder, Ligg. collateralia

Die Seitenbänder des Kniekehlgelenks werden vom Lig. collaterale laterale und Lig. collaterale mediale dargestellt. Das laterale Seitenband zieht vom Epicondylus lateralis femoris an den Fibulakopf und mit einigen Fasern an den lateralen Kondylus der Tibia (SALOMON et al. 2008) und ist, bedingt durch den Verlauf der Ursprungssehne des M. popliteus, vom lateralen Meniskus getrennt (NICKEL et al. 1990). Das mediale Seitenband entspringt am medialen Epicondylus des Femurs, es besteht in seinem Verlauf zusätzlich eine Verbindung zum medialen Meniskus und inseriert schließlich etwas distal des Condylus medialis der Tibia (NICKEL et al. 1990; SALOMON et al. 2008).

Kreuzbänder, Ligg. cruciata genus

Die beiden Kreuzbänder sind zentral im Gelenk zwischen den beiden Synovialhäuten lokalisiert (NICKEL et al. 1990). Das vordere Kreuzband (Lig. cruciatum craniale) zieht von der interkondylären Fläche des lateralen Femurkondylus zur Area intercondylaris centralis tibiae (SALOMON et al. 2008) und inseriert zudem mit einem Teil der Fasern kranio-lateral des Tuberculum intercondylare mediale (ARNOCZKY u. MARSHALL 1977). Es besteht zum einen aus dem größeren kaudolateralen Anteil, zum anderen aus dem kleineren kranio-medialen Anteil und wird von ADAMCZYK (2002) als vollständig intrasynovial und extrakapsulär lokalisiert beschrieben. Aufgrund der mehrfachen femoralen Befestigung des Bandes sind in Abhängigkeit von der Winkelung des Gelenks die einzelnen Anteile unterschiedlich gespannt: Der gerade verlaufende kaudolaterale Anteil des Bandes ist in Extensionsstellung gespannt, während sich dieser in Flexionsstellung entspannt darstellt. Der spiralg verlaufende kranio-mediale Anteil ist in Extensions- sowie in Flexionsstellung gespannt (FUSS 1991). Das hintere Kreuzband (Lig. cruciatum caudale) entspringt an der interkondylären Fläche des medialen Femurkondylus und inseriert in der Area intercondylaris caudalis und der Incisura poplitea der Tibia (NICKEL et al. 1990).

### 2.1.3 Gelenkkapsel und Bandstrukturen des Kniescheibengelenks (Articulatio femoropatellaris)

Die Gelenkkapsel

Die Gelenkkapsel des Kniescheibengelenks ist noch ausgeprägter als die des Kniekehlgelenks (SALOMON et al. 2008). Sie bildet nach proximal eine Aussackung unter der Sehne des M. quadriceps femoris und blindsackartig zu beiden Seiten. Distal der Patella liegt zwischen ihr und dem Kniescheibenband der infrapatellare Fettkörper (Corpus adiposum infrapatellare). Sie steht, weiter distal in ihrem Verlauf, ebenfalls mit der medialen Kniekehlgelenkhöhle in Verbindung (SALOMON et al. 2008).



## Bänder des Kniescheibengelenks

Die Bänder des Kniescheibengelenks bestehen aus den Retinacula patellae und dem Kniescheibenband (Lig. patellae) (SALOMON et al. 2008). Das Kniescheibenband (Lig. patellae) verläuft vom Apex patellae bis zur Tuberositas tibiae, wobei es sich hierbei eigentlich um den Endabschnitt der Ansatzsehne des M. quadriceps femoris handelt, in welchen die Patella als Sesambein eingelagert ist (SALOMON et al. 2008). Die Haltebänder der Kniescheibe (Retinacula patellae) sind im eigentlichen Sinne Verstärkungen der Faszien innerhalb der Gelenkkapsel und bestehen beim Fleischfresser aus den Ligg. femoropatellare laterale und mediale. Diese stellen sich als schmale Faserzüge dar, die medial kaum vom Periost und lateral kaum von der Oberschenkelfaszie zu lösen sind und verbinden die seitlichen Ränder der Kniescheibe mit dem Os sesamoideum musculi gastrocnemii der jeweiligen Seite (NICKEL et al. 1990; SALOMON et al. 2008).

### 2.1.4 Die Menisken und deren Bandstrukturen

Das Kniegelenk (Articulatio genus) benötigt aufgrund seiner Inkongruenz der Gelenksflächen zwei Faserknorpelscheiben als Ausgleich, den Meniscus articularis lateralis und medialis (SALOMON et al. 2008). Ihr Aussehen erinnert an Mandarinenscheiben, wobei der konkave scharfe Rand nach axial weist, der dickere konvexe Rand weist nach abaxial (SALOMON et al. 2008). Die dem Femur zugewandte Proximalfläche der Menisken ist ausgehöhlt, während die der Tibia zugewandte Distalfläche sich als eben darstellt (NICKEL et al. 1990).

Beide Menisken besitzen zwecks ihrer Fixierung ein kraniales und kaudales Band (NICKEL et al. 1990). Eine kraniale Verbindung beider Menisken untereinander ist beim Hund vorhanden und nur der laterale Meniskus weist eine Verbindung zum Os femoris auf (NICKEL et al. 1990). Die kranialen Tibialbänder (Lig. tibiale craniale menisci lateralis und Lig. tibiale craniale menisci medialis) ziehen zwischen dem kranialen Winkel des jeweiligen Meniskus und der lateralen, beziehungsweise (bzw.) medialen Area intercondylaris cranialis tibiae (NICKEL et al. 1990). Die kaudalen Tibialbänder (Lig. tibiale caudale menisci lateralis und Lig. tibiale caudale menisci medialis) entspringen am kaudalen Winkel des jeweiligen Meniskus und inserieren

für den lateralen Meniskus in der Incisura popliteae tibiae und für den medialen Meniskus in der Area intercondylaris caudalis tibiae (NICKEL et al. 1990). Das Lig. meniscofemorale verläuft vom kaudalen Rand des lateralen Meniskus zur interkondylären Fläche des medialen Kondylus des Femurs (NICKEL et al. 1990). Das Lig. transversum genus zieht als Querstrang zwischen den beiden kranialen Winkeln der beiden Menisken und verbindet diese miteinander (NICKEL et al. 1990).

## **2.2 Ätiologie und Pathogenese des kranialen Kreuzbandrisses**

Da die Ätiologie der Ruptur des kranialen Kreuzbandes weitestgehend ungeklärt ist und Anlass zur kontroversen Diskussion bietet, ist von einem multifaktoriellen Geschehen im Hinblick auf die Entstehung dieses Krankheitsbildes auszugehen. Hierbei sind epidemiologische Faktoren sowie die Konformation der Hintergliedmaße und des Kniegelenkes als Risikoparameter zu nennen (COMERFORD et al. 2011). Als häufigste Ursache wird in der Literatur die Degeneration des vorderen Kreuzbandes beschrieben, wobei durch eine Vorschädigung des Bandes ein Kleinsttrauma ausreicht, um die verbliebenen Fasern zum Zerreißen zu bringen (MOORE u. READ 1995). Als epidemiologischer Aspekt wird auch das Auftreten der Ruptur des kranialen Kreuzbandes bei vorwiegend jungen, großen bzw. älteren, kleinen Hunden beschrieben (BRUNNBERG 1990). Diese Beobachtung wird mit der Disposition des „vorzeitigen Alterns“ bei großen Hunden begründet. Bereits bei sehr jungen, großen Hunden werden degenerative Veränderungen in den ligamentösen Strukturen in solchem Maße beobachtet, welches in kleineren Hunderassen erst ab einem Alter von über sieben Jahren zu verzeichnen war (ZAHM 1964). Eine Aussage über Rasseprädispositionen zu treffen erweist sich als schwierig. In einer Studie werden Rassen wie Neufundländer, Rottweiler, Labrador Retriever, Bulldogge und Boxer als am häufigsten betroffen genannt (WITSBERGER et al. 2008), eine genetische Prädisposition wurde bisher nur beim Neufundländer nachgewiesen (WILKE et al. 2009). Ätiopathogenetisch werden unter anderem Faktoren wie anatomische Besonderheiten der Beckengliedmaße und des Kniegelenks

beschrieben, welche eine Ruptur des kranialen Kreuzbandes begünstigen können. Hierbei sind als prädisponierende Faktoren das Genu varum mit einhergehender exzessiver Innenrotation der Tibia, eine Hyperextension des Kniegelenks, eine eng angelegte intrakondyläre Notch, ein sehr steiler Tibiaplateauwinkel oder auch die frühzeitige Kastration der weiblichen Hündin im Alter von unter sechs Monaten zu nennen (COMERFORD et al. 2006; DUERR et al. 2007; GRIFFON 2010). Es wird angenommen, dass auch entzündliche oder immunologische Veränderungen des intraartikulären Kompartiments auf die Degeneration der Bandstrukturen Einfluss haben und diese fördern können (NIEBAUER und (u.) MENZEL 1982; DOOM et al. 2008). Wird lediglich eine partielle Ruptur des kranialen Kreuzbandes diagnostiziert, so muss davon ausgegangen werden, dass ein partieller Riss innerhalb eines Jahres durch die degenerative Pathogenese zu einer vollständigen Ruptur voranschreitet (BENNETT et al. 1988). Auch wurde in einer weiteren Studie bei etwa 40% der untersuchten Patienten nach einem Jahr auf der kontralateralen Seite eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes nachgewiesen (GRIERSON et al. 2011). Hierbei scheinen sich Faktoren wie Alter, Gewicht, Geschlecht und Rasse auf das Vorliegen einer bilateralen Erkrankung auszuwirken.

### **2.3 Ätiologie und Pathogenese der Meniskopathie**

Die Meniskusläsion wird durch die unphysiologische Krafteinwirkung einer kombinierten Flexions- und Rotationsbewegung bzw. einer Extensions- und Rotationsbewegung begünstigt. Die bei einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes vorhandene Instabilität im Kniegelenk führt zu einer wiederholten Einklemmung des Hinterhorns des Meniskus und durch die Dislokation des Femurkondylus und die unkontrollierte Innenrotation der Tibia kommt es zu einer Verletzung des medialen Meniskus (STONE et al. 1980; HULSE u. SHIRES 1983). Untersuchungen zur Kniegelenkinematik festigen die Theorie, dass ein Wechsel zwischen tibialer Subluxationsstellung während der Standphase und physiologischer Position während der Schwingphase eine Meniskusdegeneration fördert (KORVICK et al. 1994;

TASHMAN et al. 2004). Die Meniskopathie lässt sich nach BENNETT u. MAY (1991) wie folgt klassifizieren: 1. nach kranial gefaltetes Kaudalhorn, 2. longitudinaler randparalleler Riss, die komplette Dicke des Meniskus durchtrennend, 3. multiple longitudinale Risse, 4. Aufrauung/Auffaserung der femoralen Oberfläche ohne komplette Durchtrennung, 5. axiale ausfransende Läsion, 6. Korbhenkelriss mit Lockerung des inneren Meniskusanteils und 7. transversaler Riss. Die Häufigkeit von Meniskopathien in kreuzbanddefizienten Kniegelenken wird mit circa (ca.) 60% beschrieben, wobei longitudinale Risse mit ca. 57% die häufigste Form der Verletzungen des medialen Meniskus darstellen (RALPHS u. WHITNEY 2002). Eine Verletzung des lateralen Meniskus, ähnlich denen des medialen Meniskus, ist selten zu beobachten, da dieser nicht fest mit der Gelenkkapsel verbunden und zudem am Femur durch das Lig. menisiofemorale befestigt ist (FRANKLIN et al. 2010). Daraus resultierend verschiebt sich während der tibialen Subluxation nach kranial der laterale Meniskus mit dem Femur nach kaudal und verhindert so eine Schädigung durch den Femur. Eine Studie beschreibt die Häufigkeit von longitudinalen Verletzungen des lateralen Meniskus nach experimenteller Durchtrennung des kranialen Kreuzbandes bei Hunden mit 7,5% (SMITH et al. 2002). Die klinische Bedeutung solcher seltenen Verletzungen des lateralen Meniskus ist jedoch unklar und sie werden selten therapiert (FRANKLIN et al. 2010).

## **2.4 Diagnostik eines Kreuzbandrisses**

Die vom Besitzer beschriebenen Arten der Lahmheit lassen sich in plötzlich aufgetretene Lahmheiten durch ein einmaliges schweres Trauma und schleichend auftretende Lahmheiten über einen längeren Zeitraum einteilen. Bei den durch ein schweres Trauma verursachten Lahmheiten wird meist erwähnt, dass der Hund in ein Loch getreten, mit den Hinterbeinen hängengeblieben oder von einer Erhöhung gestürzt ist (KNEBEL u. MEYER-LINDENBERG 2014). Meist lässt sich kein genauer Beginn der Lahmheit anamnestisch erfragen, da kein Trauma beobachtet wurde und die Lahmheit schleichend zu Tage tritt. Dies lässt sich mit der degenerativen

Pathogenese der Erkrankung begründen, wobei unbeobachteten Mikrotraumata in den ligamentösen Strukturen den Anfang einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes darstellen. Wird bei der Erhebung der Anamnese ein über die Zeit progredientes Fortschreiten der Erkrankung oder ein Wiederkehren selbiger festgestellt, so kann dies auf das Vorliegen einer sekundären Meniskopathie deuten.

#### 2.4.1 Der klinisch-orthopädische Untersuchungsgang

Nach der Aufnahme der ausführlichen Anamnese beginnt die Beurteilung des Stand- und Gangbildes des Hundes. Es handelt sich hierbei um eine adspektorische Beurteilung des Hundes und seines Verhaltens im Sitzen und im Stehen. Es können Auffälligkeiten wie die unterschiedliche Verteilung des Körpergewichts auf die vier Gliedmaßen, die vollständige Entlastung einer Gliedmaße oder abnormale Haltungen der Gliedmaße in Gelenkwinkel, Rotation, Adduktion oder Abduktion bestehen. Die Adspektion sollte auch die Beurteilung der Haltung des Kopfes, der Wirbelsäule, der Rute sowie der Stellung des Beckens beinhalten (BONATH u. PRIEUR 1998). Eine vorhandene Muskelatrophie einer Gliedmaße kann zum Beispiel auf eine länger bestehende Schonung oder komplette Inaktivität der Gliedmaße hinweisen (BONATH u. PRIEUR 1998). Meist fällt in der Beurteilung des Stand- und Gangbildes des Hundes eine gemischte Lahmheit auf, welche in ihrem Grad je nach Dauer der Erkrankung und Schwere des eingewirkten Traumas variiert. Ein weiteres, für die Erkrankung typisches Phänomen, ist die positive Sitzprobe. Hierbei wird beim Sitzen die betroffene Gliedmaße nicht mit gebeugtem Kniegelenk unter den Körper geführt, sondern seitlich ausgestreckt (HYTYIAINEN et al. 2013). In der folgenden Palpation des Kniegelenks fällt vor allem im Seitenvergleich eine vermehrte Gelenksfüllung und gegebenenfalls, bei chronischen Verläufen, ein Auftreten des „medial buttress“ auf, welches eine ausgebildete periartikuläre Fibrose mit einer einhergehenden Verdickung des Bindegewebes darstellt (KNEBEL u. MEYER-LINDENBERG 2014). Zusätzlich können durch Manipulation bedingte Schmerzhaftigkeit des Hundes oder Krepitation auffallen, wobei hier immer die individuelle Empfindsamkeit des Tieres, das Vorliegen einer partiellen oder totalen Ruptur des vorderen Kreuzbandes und das Auftreten von Begleiterscheinungen wie

Meniskus- und/oder Knorpelschäden in Bezug zu setzen ist (PAATSAMA 1952; TOBIAS u. JOHNSTON 2012). Der Schubladen- (PAATSAMA 1952) und der Tibiakompressionstest (SLOCUM u. DEVINE 1983) sind weitere Möglichkeiten, die Kniegelenksinstabilität infolge einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes zu diagnostizieren. Es besteht allerdings bei stark bemuskelten Hunden, bei sekundärer Kapselfibrose infolge chronisch bestehender Ruptur des vorderen Kreuzbandes und bei einer partiellen Ruptur das Risiko einer falsch negativen Diagnose dieser Tests (SCAVELLI et al. 1990; JOHNSON u. JOHNSON 1993; JERRAM u. WALKER 2003). Ein akustisch wahrnehmbarer oder palpierbarer „Klick“ während der mehrfachen Extension und Flexion des Kniegelenks kann hinweisend auf eine Meniskopathie sein und wird in der Literatur bei 27,6% der untersuchten Hunde beschrieben (CASE et al. 2008).

#### 2.4.2 Bildgebende Diagnostik

##### Röntgen

Das seitenvergleichende Röntgen des Kniegelenks im medio-lateralen und kranio-kaudalen Strahlengang kann routinemäßig zur Diagnostik von degenerativen Veränderungen und zum Ausschluss anderer orthopädischer Pathologien verwendet werden und liefert unterstützende Hinweise zur Diagnose der Ruptur des vorderen Kreuzbandes. Röntgenologisch lässt sich eine vermehrte Gelenkfüllung des Kniegelenks und somit eine Verlagerung des infrapatellaren Fettkörpers feststellen und es ist eine kaudal verbreiterte Gelenkkapsel sichtbar (SCAVELLI et al. 1990; TOBIAS u. JOHNSTON 2012). Zudem treten degenerative Veränderungen des Gelenks in Erscheinung, wie beispielsweise subchondrale Sklerosierung, osteophytäre Zubildungen im Bereich der Apex patellae, der Sesambeine, der Femurrollkämme oder des Tibiaplateaus sowie im Bereich des Kreuzbandursprungs (BENNETT et al. 1988; TOBIAS u. JOHNSTON 2012).

##### Sonographie

Abhängig von der Patientengröße lassen sich oberflächlichere Strukturen wie beispielsweise die Kollateralbänder gut darstellen. Die Sensitivität einer Diagnose

der Ruptur des vorderen Kreuzbandes wird in einer Studie (ARNAULT et al. 2009) lediglich mit 15,4% angegeben, die der Diagnose von Meniskopathien beträgt hier 82%. KRAMER et al. 1999 beschrieben, dass die Sonographie bei mittelgroßen sowie großen Hunden als diagnostisches Mittel bei Ruptur des vorderen Kreuzbandes geeignet ist. Eine genaue Darstellung des Bandes war in dieser Untersuchung nicht möglich, jedoch ließen sich die pathologisch veränderten Ansätze bei chronischem Vorliegen eines Kreuzbandrisses feststellen. Als unterstützende diagnostische Methode zur letztendlichen Diagnosefindung im muskuloskelettalen System des Hundes ist die Sonographie zusätzlich zur klinischen und röntgenologischen Untersuchung ein wertvolles Hilfsmittel (KRAMER et al. 1997).

#### Computertomographie und Magnetresonanztomographie

Die Computertomographie findet selten Einsatz bei der Diagnostik eines Kreuzbandrisses, sie liefert aber zuverlässige Ergebnisse im Hinblick auf die Diagnose einer Meniskopathie: In einer Kadaverstudie (TIVERS et al. 2008) ließ sich mittels computertomographischer Kontrastarthrographie eine Sensitivität von 90% und eine Spezifität von 100% erreichen.

Die Magnetresonanztomographie (MRT) bietet sich aufgrund ihrer nichtinvasiven Technik und dem Schnittbildverfahren mit dem höchsten Weichteilkontrast für die Diagnostik der Kreuzband-Erkrankung an (BAIRD et al. 1998). Meniskopathien ließen in einer Studie von BARRETT et al. (2009) mittels eines Hochfeld-MRTs mit einer Sensitivität von 90% und einer Spezifität von 96% diagnostizieren, das Vorliegen einer Kreuzband-Erkrankung mit einer Sensitivität von 93% und einer Spezifität von 100%. Eine weitere Untersuchung (GALINDO-ZAMORA et al. 2013) zeigte, dass mittels eines 3 Tesla Hochfeld-MRTs bei allen Teilnehmern der Studie der Nachweis einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes möglich war und auch das Vorliegen von medialen Meniskopathien ließ sich mit einer Sensitivität von 94% und einer Spezifität von 100% bestätigen. Somit ist das Hochfeld-MRT eine geeignete, nichtinvasive und schonende Methode, um Verletzungen der Menisken und/oder der

Kreuzbänder zu diagnostizieren und auch die Operation unter Vermeidung von Arthroskopie und Arthrotomie zu planen (BLOND et al. 2008).

### Arthroskopie

Die Arthroskopie ist eine minimalinvasive Technik, welche eine sorgfältige Beurteilung von Kreuzbändern, Menisken, Gelenkkapsel und Knorpelstruktur erlaubt (TOBIAS u. JOHNSTON 2012). Sie wird in der Literatur als Standardmethode zur Diagnose von medialen Meniskusläsionen beschrieben (MAHN et al. 2005). Zusätzlich erlaubt bei dieser Methode der Einsatz des „Leipziger Kniedistraktors“ die einfachere arthroskopische Diagnostik und Behandlung des medialen Kniekompartiments (BOETTCHER et al. 2009). Hierbei kann durch die simultane femorotibiale Distraction und Translokation der Tibia nach kranial der kaudale Anteil des medialen Kniekompartiments wesentlich genauer begutachtet und gegebenenfalls auch therapiert werden.

## **2.5 Behandlungsmöglichkeiten eines Kreuzbandrisses**

### 2.5.1 Konservative Therapie

Eine konservative Therapie der Ruptur des vorderen Kreuzbandes beim Hund wird mit einer Ruhighaltung über 4-6 Wochen sowie einer begleitenden Gabe von schmerz- und entzündungshemmenden Medikamenten durchgeführt (VASSEUR et al. 1987). Die Instabilität des Kniegelenks bleibt jedoch weiter erhalten und somit ist die operative Versorgung der medikamentösen Therapie vorzuziehen (POND u. CAMPBELL 1972). Die durch einen chirurgischen Eingriff gewährleistete Wiederherstellung der Stabilität im Kniegelenk vermindert zudem das Risiko von späteren Komplikationen durch beispielsweise das Voranschreiten der Gonarthrose oder durch sekundär entstehende Meniskusläsionen.



## 2.5.2 Chirurgische Therapie

### 2.5.2.1 Extraartikuläre Techniken

Die extraartikulären Techniken beruhen auf dem Prinzip des Kreuzband-Ersatzes mittels Straffung und Manipulation des umliegenden Gewebes. So sollen sie langfristig zur Stabilisierung des Kniegelenkes führen, was durch eine sekundär auftretende Fibrose des periartikulären Gewebes als Folge der chirurgischen Manipulation geschieht (OLMSTEAD 1993). Es sind zahlreiche extraartikuläre Techniken beschrieben, wovon die fabelotibiale Fadenzügelung mit Einbringung von synthetischem Fadenmaterial die am häufigsten genutzte ist (CONZEMIUS et al. 2005). Zusammenfassend werden nach einem lateralen Zugang zum Kniegelenk die intraartikulären Strukturen begutachtet, Reste des rupturierten Kreuzbandes entfernt, eine Lavage des Gelenks mit physiologischer Kochsalzlösung durchgeführt und im Anschluss wird das Gelenk wieder regelgerecht verschlossen. Schon dieser Verschluss führt zu einer Überlappung von periartikulärem Bindegewebe, welcher als Teil der sekundär entstehenden Fibrose maßgeblich zur Stabilität beiträgt. Die laterale Fabella (Os sesamoideum musclic gastrocnemii) wird identifiziert, leicht proximal davon und mit einer Matratzennaht von dickem, resorbierbarem Nahtmaterial umführt. Die proximale Tibia wird freipräpariert, ein oder zwei Bohrlöcher werden wenige Millimeter kaudoproximal zum Ansatz der Patellasehne gesetzt und das Nahtmaterial wird von medial nach lateral hindurchgeführt. Werden zwei Bohrlöcher gesetzt, geschieht die Fadenführung erst von lateral nach medial und durch das zweite Bohrloch anschließend von medial nach lateral. Die Gliedmaße wird bei ca. 100° in Flexion positioniert und die Naht wird festgezogen und verknotet. Anschließend wird die wiederhergestellte Stabilität mittels Schubladentest noch intraoperativ kontrolliert. Ein Wundverschluss wird routinemäßig durchgeführt (TOBIAS u. JOHNSTON 2012). Bei dieser Methode zeigte sich in einer Studie bei 40% der Patienten eine klinische Verbesserung, eine physiologische Gliedmaßenfunktion wurde jedoch nur in 14,9% der Fälle erreicht (CONZEMIUS et al. 2005).

Des Weiteren ist die Technik der Fibulakopftransposition zu nennen, wie sie von SMITH u. TORG (1985) beschrieben ist. Hierbei wird das laterale Kollateralband mittels eines Versetzen des Fibulakopfs nach kranial angehoben, was das Schubladenphänomen beheben und die Innenrotation der Tibia verhindern soll (TOBIAS u. JOHNSTON 2012). Während Patientenbesitzer den Erfolg dieser Methode in ihrem Ergebnis in 77,1% der Fälle mit gut oder exzellent bewerteten, zeigte die postoperative Lahmheitsuntersuchung bei 91,7% der Hunde ein zufriedenstellendes Ergebnis. Eine postoperativ durchgeführte computergesteuerte Gangbildanalyse zeigte jedoch bei keinem der Patienten ein normales Gangbild (CHAUVET et al. 1996).

Auch die Tigh trope-Technik der Firma Arthrex Vet Systems gehört zu den extraartikulären Stabilisationsmethoden. Sie verfolgt das Ziel, bei insbesondere Hunden größerer Rassen über die Implantation eines Faserbandes mit einem Toggle die gleiche Stabilität im Kniegelenk in dem Maße wie nach einer Umstellungsosteotomie wiederzuerlangen. Sie kann zudem minimal invasiv durchgeführt werden und verwendet durch tibiale und femorale Bohrkanäle zur Positionierung der Implantate isometrische, also physiologische Punkte (COOK et al. 2010).

#### 2.5.2.2 Intraartikuläre Techniken

Bei den intraartikulären Techniken wird mithilfe von autogenem, allogenen oder synthetischen Ersatzmaterial versucht, den Verlauf des kranialen Kreuzbandes intraartikulär nachzuempfinden und somit wieder eine Stabilität im Kniegelenk zu erreichen. Der Kreuzbandersatz wird femoral durch einen Bohrkanal geführt und somit verankert oder „over-the-top“ geführt, dass es dem Ansatz des kranialen Kreuzbandes entspricht (TOBIAS u. JOHNSTON 2012). Im Vergleich der postoperativen kinematischen Ganganalyse unterlag diese Methodik jedoch gegenüber der extraartikulären Stabilisationsmethode und der Umstellungsosteotomie, in diesem Fall der TPLO (CONZEMIUS et al. 2005). Auch eine aktuelle Untersuchung zu diesem Thema zeigte, dass die Methode des intraartikulären Bandersatzes zu überwiegend schweren Komplikationen führt, häufig

septische Arthritiden nach oberflächlicher Infektion nach sich zieht und weitere chirurgische Maßnahmen nach Rezidiven notwendig sind (BARNHART et al. 2016).

### 2.5.2.3 Umstellungsosteotomien

Ziel der Umstellungsosteotomien an der proximalen Tibia ist es, die durch eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes auftretende Instabilität des Kniegelenks durch Veränderungen der Biomechanik des Kniegelenks zu kompensieren. Hierbei kann je nach Art der Operation zwischen zwei wesentlichen Änderungsmöglichkeiten unterschieden werden: 1. Die Begradigung des Tibiaplateaus mittels Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO), Cranial Tibial Wedge Osteotomy (CTWO) und eine Kombination aus beiden; 2. Die Zugrichtungsanpassung des Lig. patellae mittels Tibial Tuberosity Advancement (TTA), Modified Maquet Technique (MMT) und Modified Maquet Procedure (MMP). Auch eine Kombination aus beiden Operationsmethodiken ist mittels der Triple Tibial Osteotomy (TTO) möglich (TOBIAS u. JOHNSTON 2012).

Im Folgenden wird die Methodik der TPLO genauer betrachtet.

#### 2.5.2.3.1 Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO)

Ziel dieser von SLOCUM u. SLOCUM (1993) entwickelten Operationsmethode ist es, durch eine senkrecht zur sagittalen Ebene der Tibia und zirkulär durchgeführte Osteotomie der proximalen Tibia die kraniale Instabilität des Kniegelenkes zu beseitigen. Präoperativ werden der Winkel und die Maße des bestehenden Tibiaplateaus röntgenologisch bestimmt und dementsprechend die sichere Lokalisation der Osteotomie, die Größe des Sägeblatts sowie der Platte und die notwendige Rotation des proximalen Fragments angepasst. Die Anforderungen an ein für die präoperative Planung verwendbares mediolaterales Röntgenbild sind eine 90°-Flexionsstellung des Kniegelenkes, die Überlagerung der Tibia- und Femurkondylen und somit keine vorhandene Rotation der Tibia und des Femurs. Überdies wird ein kaudokranales Röntgenbild angefertigt, um Deformationen in Bezug auf Winkelverdrehung oder Rotationsfehler ausschließen zu können und die

Lage des Fibulakopfes zu bestimmen. Sie kann hilfreich sein, um intraoperativ den Abstand zur Gelenksoberfläche zu überprüfen.

Die intraartikulären Strukturen können zu Beginn mittels Arthroskopie oder Arthrotomie begutachtet werden, es kann eine Ruptur des kranialen Kreuzbandes verifiziert werden und gegebenenfalls ein Debridement der beschädigten ligamentösen Strukturen erfolgen. Zudem können der aktuelle Stand der Osteoarthritis mit osteophytären Zubildungen und Knorpelläsionen festgehalten und sekundäre Läsionen der Menisken dargestellt werden. Die TPLO kann unter Zuhilfenahme eines Jigs durchgeführt werden, um eine Hilfestellung in der Positionierung während der Osteotomie zu gewährleisten, die Fragmente während der Rotation nach der Osteotomie in Position zu halten und die korrekte Lagerung der Gliedmaße zu erleichtern (TOBIAS u. JOHNSTON 2012).

Zu Beginn wird ein medialer Zugang zur proximalen Tibia gewählt und das Gelenk wird mittels Stichinzision einer kleinen Kanüle von distal nach proximal in Höhe der Mitte des Lig. collaterale mediale identifiziert. Nach Abpräparation des Pes anserinus und Lösen des Weichteilgewebes von der kaudoproximalen Tibia wird eine lange, mit physiologischer Kochsalzlösung getränkte Gaze kaudoproximal der Tibia platziert. Sie soll während der Osteotomie die Arteria (A.) tibialis cranialis schützen. Kaudoproximal des Ansatzes des Lig. patellae wird von medial ca. 12 bis 15 Millimeter (mm) eingeschnitten, es wird ein stumpfes Raspatorium oder ein ähnliches Instrument eingeführt um die Sehne während des Durchführens der Osteotomie zu schützen. Mittels eines Elektrokauters werden die vorherig am Computer bestimmten Messpunkte (D1, D2, D3) auf der Tibiaoberfläche gesetzt. D1 wird senkrecht zum Ansatzpunkt des Lig. patellae an der Tuberositas tibiae markiert. D2 wird, ausgehend von der Gelenkoberfläche, am kranio-medialen Rand der proximalen Tibia markiert. Nun wird das gewählte Sägeblatt angehalten, sodass beide Markierungen (D1, D2) von der konvexen Seite des Sägeblatts geschnitten werden. Eine dritte Markierung (D3) wird an der Stelle gesetzt, wo das Sägeblatt den kaudalen Rand der proximalen Tibia im 90°-Winkel schneidet. Nach dem Anhalten des Implantats und dem Sicherstellen seiner passenden Größe wird die Osteotomie ausgeführt. Beim Durchführen der Osteotomie ist darauf zu achten, dass das Zentrum des Sägeblatts

sich in einer gedachten senkrechten Linie mit dem Rotationszentrum des Kniegelenks überlagert. Kurz vor dem Vollenden der Osteotomie werden mittels eines kleinen Meißels Markierungen auf dem Periost der Fragmente gesetzt, um die Weite der Rotation des proximalen Fragments nach kaudal zu bestimmen. Die kraniale Markierung wird auf dem proximalen Fragment gesetzt, die kaudale auf dem distalen Fragment der Tibia. Nun wird die Osteotomie vollendet und die Gaze kaudoproximal der Tibia entfernt. Es wird leicht kaudal des proximalen Endes der Osteotomielinie ein Pin im proximalen Fragment eingebracht, welcher als Rotationspin dient. Das Fragment mit dem Tibiaplateau wird jetzt nach kaudal rotiert bis die vorher gesetzten Markierungen übereinander stehen. Ein kleiner Abstand als sogenannter „Gap“ zwischen den Fragmenten von lateral nach medial muss aufgrund der dreieckigen Bauweise der proximalen Tibia gewährleistet sein. Durch die Tuberositas tibiae wird anschließend mittig durch den Ansatz des Lig. patellae ein Fixationspin in das proximale Fragment der Tibia eingebracht. Eine TPLO-Platte wird gegebenenfalls angepasst und mit Standard-Fixationsmethoden befestigt. Im Anschluss werden die Weichteilstrukturen um den Pes anserinus wieder sorgfältig vernäht und der Wundverschluss erfolgt wie üblich. Es folgt die postoperative Anfertigung eines mediolateralen und kaudokranielen Röntgenbilds zur Überprüfung der Implantatplatzierung, des Osteotomieverlaufs und der Gliedmaßenstellung (TOBIAS u. JOHNSTON 2012).

Zur Komplikationsrate dieser OP-Methode existieren sehr unterschiedliche Werte in der Literatur. Eine große retrospektive Studie von FITZPATRICK u. SOLANO (2010) ergab eine postoperative Komplikationsrate von 14,8% bei 2,8% sekundären Meniskusläsionen. Eine andere Studie zeigte bei einer Laufbandanalyse mit Hunden nach experimenteller Durchtrennung des kranialen Kreuzbandes und chirurgischer Versorgung mittels TPLO 18 Wochen post operationem keine signifikanten Unterschiede zur nichtoperierten Gliedmaße (BALLAGAS et al. 2004). Zusätzlich wird der TPLO bei partiellen Rissen des kranialen Kreuzbandes ein protektiver Effekt zugesprochen (HULSE et al. 2010).

## **2.6 Physiotherapeutische und rehabilitationsmedizinische Maßnahmen nach Ruptur des kranialen Kreuzbandes**

Bestehen Lahmheiten über einen längeren Zeitraum, kann es durch eine Minderbelastung der Gliedmaße zu Inaktivitätsatrophie oder Kontrakturen der Muskulatur, fortschreitender Knorpeldegeneration, Gelenkkapselkontraktur, eingeschränkter Beweglichkeit des Kniegelenks und schmerzhaften Verspannungen der gesamten Wirbelsäulenmuskulatur kommen (MILLIS u. LEVINE 2014). Grundsätzlich wird in der veterinärmedizinischen Literatur der Einsatz der postoperativen Physiotherapie nach einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes empfohlen (MARSOLAIS et al. 2002; MONK et al. 2006; WUCHERER et al. 2013). Bei korrekter Anwendung kann sie dazu beitragen, Schmerzen zu lindern, der Muskelatrophie entgegenzuwirken und neue Muskelmasse aufzubauen, Muskelkontrakturen zu verhindern, die Beweglichkeit des Gelenks zu erhalten bzw. zu erhöhen, das Fortschreiten der Arthrose zu verlangsamen und eine Rückkehr zur normalen Gliedmaßenfunktion zu ermöglichen (CHALLANDE-KATHMANN 2014).

Durch den meist chronischen Verlauf einer Kreuzbanderkrankung kann bereits präoperativ mit der Physiotherapie des Hundes begonnen werden um den Hund an die folgenden, postoperativen physiotherapeutischen Sitzungen zu gewöhnen und somit den empfundenen Stress deutlich zu reduzieren. Zudem wird dadurch die Dauer des postoperativen Rehabilitationsprozesses verkürzt (CHALLANDE-KATHMANN 2014). Jedes Tier erhält einen individuellen Trainingsplan, welcher genau auf die Bedürfnisse und Defizite des jeweiligen Individuums abzielt und diese in der Therapie gezielt aufgreift (CHALLANDE-KATHMANN 2009).

Generell sollte die Physiotherapie und Rehabilitationsmedizin einen festen Platz im postoperativen Management bei Hunden nach chirurgischer Versorgung einer Ruptur des kranialen Kreuzbandes einnehmen (MARSOLAIS et al. 2002; MONK et al. 2006; CHALLANDE-KATHMANN 2009). Studien zeigen, dass, gerade nach chirurgischer Versorgung eines kranialen Kreuzbandrisses mittels TPLO, mit postoperativer Physiotherapie eine frühere Lahmheitsfreiheit zu erreichen ist (MONK et al. 2006; JANDI u. SCHULMAN 2007).

## Kältetherapie

Mittels der Kältetherapie lassen sich Schmerzen, der sekundär entstehende Entzündungsprozess und die Schwellung der operierten Gliedmaße vermindern (MARTIN et al. 2001). Als weitere Effekte ihrer Anwendung zeigen sich ein verminderter zellulärer Stoffwechsel (OHKOSHI et al. 1999) und Blutfluss (COBBOLD u. LEWIS 1956), eine Vasokonstriktion und die damit verbundene niedrigere Permeabilität der Kapillaren sowie eine verminderte Leitgeschwindigkeit der sensorischen und motorischen Nerven (HO et al. 1994; MARTIN et al. 2001). Der Bildung eines trauma-induzierten Ödems wird entgegengewirkt und Muskelverspannungen werden durch die Anwendung der Kälte vermindert (COBBOLD u. LEWIS 1956; OLSON u. STRAVINO 1972). Des Weiteren wurde gezeigt, dass die schmerzlindernde Wirkung der Kälte auf einer Reduzierung der Freisetzung von Entzündungsmediatoren, wie beispielsweise Tumornekrosefaktor (TNF) und Stickoxid, beruht (YENARI u. HAN 2006). Die Kältetherapie findet unmittelbar ab der postoperativen Periode Anwendung. Die Temperatur sollte zwischen 0°C und 10°C gewählt werden, da in diesem Temperaturbereich die Beziehung zwischen einwirkender Kälte und verminderter Nervenleitgeschwindigkeit linear verläuft (LOWITZSCH et al. 1977; HARRIS u. DHUPA 2007). Sie sollte keine Werte unter 0°C annehmen, da ab hier Gewebeschädigungen auftreten können (HARRIS u. DHUPA 2007).

Bei dieser Behandlungsform kann direkt nach der Operation für etwa 15-20 min ein in ein dünnes Baumwolltuch gewickeltes Coldpack auf den Wundbereich gelegt werden und die Therapie kann bei guter Verträglichkeit des Hundes bis zu viermal täglich für 20-25 min wiederholt werden. Des Weiteren kann sie nach erfolgter Bewegungstherapie verwendet werden (MILLIS 2004). Zusätzlich kann auch die gleichzeitige Anwendung von leichtem intermittierendem Druck mittels Kälte-Kompressionstherapie in die Behandlung eingebracht werden (DRYGAS et al. 2011). Die zusätzlichen positiven Effekte dieser Behandlungsform werden mit der vergrößerten Kontaktfläche zwischen Kühlaggregat (SCHROEDER u. PAESSLER 1994) und den direkten Effekten der Kompression (PARK u. SILVA 2003; HEWITT et al. 2005) begründet.

### Wärmetherapie

Die Wärmetherapie kann, bei klinisch einwandfreiem Erscheinen des Wundbereiches und des Gelenks, ab ca. der ersten Woche postoperativ vorbereitend zur Bewegungstherapie für 15 min angewendet werden. Es wird ein Hotpack aufgelegt, welches bei 40 – 45 °C für eine erhöhte Elastizität der fibrösen Strukturen und eine verminderte Viskosität der Synovia und damit für eine gleichmäßigere Verteilung hinsichtlich der Knorpelernährung sorgt (MILLIS 2004; CHALLANDE-KATHMANN 2014).

### Passive Bewegungstherapie

Diese kann ab dem ersten postoperativen Tag drei Mal täglich für zehn Wiederholungen angewendet werden, wobei das Gelenk passiv in alle Richtungen bewegt wird. Durch die Dehnung der Muskulatur (M. quadrizeps und M. gastrocnemius) bleibt die Gelenkbeweglichkeit erhalten oder wird wiederhergestellt. Auch die angrenzenden Gelenke des Tarsus und der Hüfte sollten bei dieser Übung aufgrund der Muskelspannung passiv mitbewegt werden (CHALLANDE-KATHMANN 2014).

### Massage

Um Verspannungen der kontralateralen Seite, der Vordergliedmaßen oder des Rückens entgegenzuwirken, kann ab dem ersten Tag post operationem einmal wöchentlich eine Ganzkörpermassage durchgeführt werden. Sie steigert die Durchblutung und kann analgetisch wirken (CHALLANDE-KATHMANN 2014).

### Hydrotherapie

Das Training auf dem Unterwasserlaufband ist dafür geeignet, die aktive Benutzung der Gliedmaße zu trainieren. Durch den Auftrieb des Wassers ist die auf die operierte Gliedmaße einwirkende Kraft verringert und durch den Widerstand des Wassers wird Muskelstärke und Kondition trainiert. Auch Ödeme der distalen Gliedmaße lassen sich durch den statischen Druck des Wassers verringern. Gerade für Patienten nach einer operativen Versorgung einer Kreuzbandruptur ist diese Methode bestens



geeignet (MILLIS 2004). Das Training kann direkt nach dem Fädenziehen begonnen werden, idealerweise sollte der Patient ein bis drei Mal die Woche mit stufenweiser Steigerung der Belastung trainieren. Es wird eine Steigerung der Gelenkbeweglichkeit, der Muskelmasse und –stärke bei gleichzeitiger Schonung der Gelenke und der eingebrachten Implantate erreicht (CHALLANDE-KATHMANN 2014).

#### Aktive Bewegungstherapie

Die aktive Bewegungstherapie ist mitunter die wichtigste physiotherapeutische Trainingsmethode in der postoperativen Phase. Die Spaziergänge sollten in Ihrer Geschwindigkeit und Ihrem Umfang so gewählt sein, dass der Hund die betroffene Gliedmaße korrekt aufsetzen und physiologisch bewegen muss. Dabei ist seitens des Patientenbesitzers stets mit Belohnung und Bestärkung bei richtiger Ausführung zu arbeiten. Bei kontinuierlicher physiologischer Belastung der Gliedmaße kann die Geschwindigkeit langsam gesteigert werden, wobei auf ein weiterhin korrektes Aufsetzen der Gliedmaße zu achten ist. Schnellere Spaziergänge fördern die Balance, die Koordination, die Propriozeption, die kardiopulmonale Kondition sowie die Muskelstärke und –ausdauer (MILLIS 2004). Zu Beginn sind täglich fünfmalig kurze, maximal (max.) 5-minütige Spaziergänge an der Leine empfohlen. Nach zwei Wochen lassen sich diese langsam auf insgesamt 15-20 min pro Spaziergang nach einem Monat steigern. Zum Zeitpunkt von zwei Monaten post operationem kann langsames und kontrolliertes Traben an der Leine in das Trainingsprogramm mit aufgenommen werden. Ab diesem Zeitpunkt können auch verschiedene Übungen in das aktive Bewegungstraining, wie beispielsweise Gleichgewichtsübungen, Sitz- und Stehübungen, Kreislaufen, moderate Bewältigung von Steigung oder Gefälle und auch Hindernisarbeit integriert werden. Insbesondere das Springen, Rennen und Treppensteigen sind aufgrund der hohen Belastungen für Muskulatur, Gelenke und Implantate für eine Dauer von 6-8 Wochen untersagt (CHALLANDE-KATHMANN 2014).

### Physikalische Therapie

Die physikalische Therapie mittels Magnetfeld-, Elektrostimulation (Transkutane elektrische Nervenstimulation (TENS)) oder Laser ist gut geeignet, einer auf eine chirurgische Maßnahme folgenden Muskelatrophie vorzubeugen (MILLIS 2004). Sie können, abhängig von den Herstellerangaben, ein bis zweimal täglich durchgeführt werden (CHALLANDE-KATHMANN 2014).

## **3 Material und Methoden**

### **3.1 Studienpopulation**

Im Rahmen dieser Studie wurden zwischen Juni 2015 und April 2016 an der Klinik für Kleintiere der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover 30 Knie von 27 verschiedenen Hunden untersucht. Alle Hunde unterliefen einer vollständigen Allgemeinuntersuchung und einer orthopädischen Untersuchung. Die Diagnose einer Ruptur des kranialen Kreuzbandes ließ sich auf eine Kombination aus den folgenden zusätzlichen Untersuchungsergebnissen begründen: Lahmheit der Hinterhand, Kniegelenkserguss, positiver Schublagentest oder Tibiakompressionstest und röntgenologischer Beweis des Kniegelenksergusses. Jedes der Knie unterlief zusätzlich einer Untersuchung mittels MRT (Philips Achieva 3T (TX) – DS MR System, Philips GmbH Market DACH, Health Systems, Hamburg, Hamburg, Deutschland), um einen Anriss oder eine vollständige Ruptur des vorderen Kreuzbandes sicherzustellen und andere orthopädische Pathologien auszuschließen. Hunde wurden als Studienteilnehmer ausgeschlossen, wenn diese andere orthopädische Erkrankungen aufwiesen oder hochgradig ängstliches oder aggressives Verhalten zeigten.

### **3.2 Anästhesie, Analgesie und perioperative Versorgung**

Alle Hunde erhielten ein standardisiertes Anästhesie- und Schmerzmanagementprotokoll: Die Prämedikation bestand aus Acepromazin (Vetranquil, Ceva Tiergesundheit GmbH, Düsseldorf, Nordrhein-Westfalen, Deutschland) (0,05 mg/kg, IM) und die Anästhesie wurde mittels Diazepam (ziapam, ECUPHAR GmbH, Greifswald, Mecklenburg-Vorpommern, Deutschland) (0,5 mg/kg, IV), Levomethadon (L-Polamivet, Intervet Deutschland GmbH, Ein Unternehmen der MSD Tiergesundheit, Unterschleißheim, Bayern, Deutschland) (0,2 mg/kg, IV) und Propofol (Narcofol, CP-Pharma Handelsgesellschaft mbH, Burgdorf, Niedersachsen,

Deutschland) (nach Effekt, IV) eingeleitet. Die Aufrechterhaltung der Narkose basierte auf Sauerstoff als Trägergas, welchem Isofluran (Isofluran CP, CP-Pharma Handelsgesellschaft mbH, Burgdorf, Niedersachsen, Deutschland) in einer Dosierung von 1,5 – 3,0 Volumenprozent (Vol.-%) beigemischt wurde. Alle Hunde erhielten zudem eine präoperative Epiduralanästhesie mit Bupivacain (Bupivacain-RPR-Actavis, Actavis GmbH, Salzburg, Salzburg, Österreich) (0,5 mg/kg) und Morphin (Morphin HEXAL, Hexal AG, Holzkirchen, Bayern, Deutschland) (0,1 mg/kg). Beginnend achtzehn Stunden vor der Operation (OP) erhielten die Hunde Amoxicillin/Clavulansäure (Amoxiclav, CP-Pharma Handelsgesellschaft mbH, Burgdorf, Niedersachsen, Deutschland) (12,5 mg/kg, PO, q 12 h, für 10 Tage). Postoperativ wurden alle Hunde mit Carprofen (Rimadyl Kautabletten, Zoetis Deutschland GmbH, Berlin, Berlin, Deutschland) (4,4 mg/kg), PO, q 24 h, für 14 Tage) versorgt, wobei die erste Dosis vier Stunden vor Operationsbeginn eingegeben wurde. Es wurde keine weitere Schmerzmedikation verabreicht und auch die Patientenbesitzer wurden angehalten, dieses auch zu Hause so zu handhaben.

### **3.3 Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO)**

Alle Operationen wurden vom gleichen Chirurgen (O.H.) und Assistenten (N.v.F.) durchgeführt. Wurde im MRT eine Pathologie des medialen Meniskus diagnostiziert, so wurde eine partielle Menishektomie mittels medialer Miniarthrotomie ohne Luxation der Patella während der Operation zusätzlich durchgeführt. Hunde bei denen keine Meniskopathie diagnostiziert wurde, erhielten keine Arthrotomie. Eine standardisierte TPLO ohne Benutzung eines Jigs wurde durchgeführt wie anderswo beschrieben (SCHMERBACH et al. 2007). Zusammenfassend wurde für die TPLO ein medialer Zugang gewählt, das Weichteilgewebe präpariert und der Pes anserinus abgehoben. Eine Gaze, getränkt in Kochsalzlösung (0,9% NaCl), wurde kaudoproximal der Tibia platziert um die kraniale Arteria (A.) tibialis während der

Osteotomie zu schützen. Postoperativ wurde kein Verband angelegt und die Wunde wurde mit einer adhäsiven Wundabdeckung geschützt.

### **3.4 Kälte-Kompressionstherapie (CCT)**

Mittels eines Computerprogrammes (Microsoft Excel 2010, Microsoft Corporation, Albuquerque, New Mexico, USA) wurden die Studienteilnehmer nach dem Zufallsprinzip einer von insgesamt drei Gruppen zugeteilt. Alle Behandlungen wurden vom Autor mit demselben Kälte-Kompressionsgerät (Cold compression device, pump model no. PPRT-01, wrap & gel pack model no. LCSW-12, LiteCure, LLC™ Companion Animal Health, Newark, Delaware, USA) durchgeführt. Hunde in Gruppe I wurden unter Allgemeinanästhesie direkt vor und direkt nach der OP für 20 min mit der Kälte-Kompressionstherapie behandelt. Hunde in Gruppe II wurden unter Allgemeinanästhesie direkt nach der OP und drei weitere Male in Intervallen von sechs Stunden im Wachzustand mit dieser Methode behandelt. Hunden aus Gruppe III wurde eine simulierte Kälte-Kompressionstherapie zuteil wie nachfolgend aufgeführt. Das Kälte-Kompressionsgerät bestand aus einer Kontrolleinheit mit integrierter Pumpe, einem einstellbaren Umschlag passend für das Kniegelenk und einem wiederverwendbaren Gel-Inlay, welches gefrierbar war und mittels Klettverschlüssen am Umschlag befestigt wurde. Das Gel-Inlay wurde im Gefrierfach bis auf eine Temperatur von 4°C heruntergekühlt. Um diese Temperatur zu verifizieren, wurden mehrere Abschnitte des Gel-Inlays mittels eines Infrarotthermometers (Infrared thermometer mini flash, model no. 31.1108, TFA Dostmann GmbH & Co. KG, Wertheim-Reicholzheim, Baden-Württemberg, Deutschland) gemessen, sodass überall die gewünschte Temperatur gleichmäßig erreicht wurde. An der Kontrolleinheit wurde ein intermittierender Druck von 50 Millimeter Quecksilbersäule (mmHg) gewählt, welcher einmal in der Minute in dem Umschlag aufgebaut wurde. Die Kälte-Kompressionseinheit wurde so dem Knie des Hundes angepasst, dass das gesamte Kniegelenk bedeckt war und ein adäquater und rutschfester Sitz sichergestellt war. Dies geschah, indem die Klettverschlüsse in

ihrer Festigkeit dem Kniegelenk des Hundes angepasst wurden. Hunden in Gruppe III wurde die Kälte-Kompressionseinheit wie für die Hunde in Gruppe II beschrieben um das Knie gelegt, allerdings mit einem Inlay auf Raumtemperatur und ohne eine Aktivierung der Kontrolleinheit.

### **3.5 Messparameter**

Die Erhebung der folgenden Messparameter fand 24 Stunden präoperativ und 1, 10 und 42 Tage postoperativ statt. Alle Messungen wurden von einem Untersucher (C.M.) geblindet durchgeführt, welcher Erfahrung in der veterinärmedizinischen Physiotherapie und Rehabilitationsmedizin besitzt. Die Verblindung der Studie wurde gewährleistet, indem der Untersucher räumlich von dem Bereich getrennt wurde, wo die Kälte-Kompressionsbehandlung stattfand. Am Tag nach der OP wurden alle Messungen ca. sechs Stunden nach der letzten Anwendung der Kälte-Kompressionstherapie vorgenommen, um eine Rückkehr des Gewebes zur Körpertemperatur zu gewährleisten.

#### Range of motion (ROM)

Mittels eines Goniometers (Goniometer, model no. REF 12.20600.001, Kirchner & Wilhelm GmbH & Co. KG Medizintechnik, Asperg, Baden-Württemberg, Deutschland) wurde die ROM in seitlich-liegender Position des Hundes gemessen wie beschrieben (JAEGER et al. 2002). Das Goniometer wurde an der lateralen Seite der betreffenden Gliedmaße angelegt, wobei das Zentrum des Goniometers geringgradig oberhalb des Rotationszentrums des Kniegelenks lag. Die Plastikflügel des Goniometers wurden über der Längsachse von Tibia und Femur platziert. Die Messung der Extension fand in stehender Position der Gliedmaße oder geringgradiger Extension statt. Die Messung der Flexion geschah bei Beugung des Hüftgelenkes und ohne Fixation des Tarsus. Extension und Flexion der Gliedmaße wurden mehrmals vorsichtig ausgeführt bis der Hund Schmerz anzeigte oder ein

fühlbarer Widerstand bestand. Die Differenz der Winkel von Extension und Flexion stellte sich als ROM dar.

#### Lahmheitsgrad

Für die Beurteilung des Lahmheitsgrades wurde der Hund 20 Meter an einer Leine im Schritt geführt. Die Einteilung der Lahmheit geschah nach folgendem System: 0=keine Lahmheit zu beobachten, 1=Gangbild kaum gestört und undeutlich, 2=Gangbild gestört aber stetig belastend, 3=Gangbild gestört aber nicht stetig belastend, 4=Gangbild gestört und keine Belastung.

#### Umfang des Kniegelenkes

Die Messung des Umfangs des Kniegelenkes geschah, wie in einer früheren Studie (DRYGAS et al. 2011) beschrieben, mit einem Maßband (Measuring tape profi, model no. 282171, William Prym Holding GmbH, Stolberg, Nordrhein-Westfalen, Deutschland), welches bei maximaler Extension des Kniegelenkes in Höhe des distalen Anteils der Patella um das Kniegelenk geführt wurde.

#### Visual analogue scale (VAS)

Für die Erhebung der VAS wurde vom Untersucher nach visueller Beurteilung des Schmerzzustandes des Patienten subjektiv ein Punkt auf einer 10 cm langen Linie gesetzt, wobei 0 cm keinen Schmerz und 10 cm den größtmöglichen Schmerzzustand des Hundes darstellte. Der gemessene Wert ergab sich aus der Distanz vom linken Ende der Skala bis zu der vom Untersucher gesetzten Markierung (CONZEMIUS et al. 1997).

#### Modifizierte Glasgow pain scale (GPS)

Die Beurteilungskriterien für die GPS (MURRELL et al. 2008) bestanden in Haltung, Verhalten, Reaktion auf Berührung, Mobilität, Beurteilung des Wundbereiches in der Box und Beurteilung der Lautäußerung in der Box. Dies ergab eine Punktzahl von 0 bis maximal 24 möglichen Punkten, welche das physische und mentale Wohlbefinden des Hundes widerspiegelte. Ein Wert von 0 stand indikativ für keinen

empfundenen Schmerz und ein Wert von 24 für den größtmöglich empfundenen Schmerz. Diese Beurteilung des Schmerzes fand nach Beobachtung und Manipulation des Hundes statt.

#### Statistische Auswertung

Alle statistischen Auswertungen erfolgten mit einem kommerziell erhältlichen Programm (Statistical Analysis System SAS, SAS software, version 9.3, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA). Die Variablen ROM, GPS, Umfang des Kniegelenkes, Lahmheitsgrad und VAS wurden mittels two-way ANOVA mit Gruppe als unabhängiger Faktor und Messzeitpunkt als Faktor mit Wiederholungsmessungen analysiert. Ein Post-hoc Test nach TUKEY wurde für multiple paarweise Vergleiche bezüglich des Fehlers 1. Art gerechnet. Ein p-Wert von  $\leq 0.05$  wurde als signifikant erachtet.



## 4 Ergebnisse

### 4.1 Ergebnisse der Studienpopulation

Innerhalb der Studienpopulation waren die Rassen wie folgt verteilt: Mischling (n=7), Labrador Retriever (n=7), Deutsch Drahthaar (n=2), Boxer (n=2), Golden Retriever (n=1), Neufundländer (n=1), Chow Chow (n=1), Berner Sennenhund (n=1), Dalmatiner (n=1), Weimaraner (n=1), Deutsche Dogge (n=1), Old English Bulldog (n=1), American Akita (n=1), Rottweiler (n=1), Bullmastiff (n=1), American Staffordshire Terrier (n=1). Das Körpergewicht lag zwischen 26,8 kg und 73,0 kg mit einem Mittelwert von 36,1 kg  $\pm$  10,28 kg. Das Alter betrug zwischen 1,14 Jahren und 10,79 Jahren mit einem Mittelwert von 4,79 Jahren  $\pm$  2,52 Jahre. Meniskopathien wurden in 56,67% der Fälle (n=17) beobachtet und diese waren zwischen den Gruppen wie folgt verteilt: 23,53% in Gruppe I (n=4), 35,29% in Gruppe II (n=6) und 41,18% in Gruppe III (n=7). Der Unterschied in der Verteilung der Meniskopathien zwischen den Gruppen war statistisch nicht signifikant (p=0,3867). Alle Meniskopathien konnten dem medialen Meniskus zugeordnet werden und alle wurden intraoperativ mittels partieller Meniskektomie des beschädigten Anteils therapiert. Es wurden keine schwerwiegenden intraoperativen oder postoperativen Komplikationen beobachtet. Zwei Hunde in Gruppe III zeigten 10 Tage postoperativ eine leichte Wundinfektion, welche jedoch keine weitere medizinische Behandlung erforderte. Es wurden keine negativen Effekte der Kälte-Kompressionstherapie beobachtet und alle Hunde akzeptierten die Behandlung sehr gut. Alle Hunde zeigten ein verbessertes klinisches Bild und es wurden keine röntgenologischen Komplikationen beobachtet. Die Knochenheilung verlief für alle Patienten wie erwartet und stellte sich auch röntgenologisch zum Zeitpunkt 42 Tage post operationem unauffällig dar. Alle Studienteilnehmer wurden zu allen Messzeitpunkten evaluiert und es musste kein Hund während des Studienverlaufs ausgeschlossen werden.

## **4.2 Ergebnisse der Studiengruppen**

Einen Tag post operationem zeigten die Hunde in den Gruppen I und II signifikante Verbesserungen in der ROM (Gruppe I:  $p=0,0004$ , Gruppe II:  $p=0,0102$ ) und der GPS (Gruppe I:  $p=0,0320$ , Gruppe II:  $p=0,0474$ ) im Vergleich zur Kontrollgruppe (siehe Tabelle 1, Abbildungen 1 – 2).

<i>Before surgery</i>	<i>Range of motion</i>	<i>Glasgow pain scale</i>	<i>Visual analogue scale</i>	<i>Stifle joint circumference</i>	<i>Degree of lameness<sup>1</sup></i>
<b>Control group</b> compared to <b>group I</b>	0.2055	0.8664	0.7992	0.9978	0.7965
<b>Control group</b> compared to <b>group II</b>	0.2255	0.3390	0.7992	0.8638	0.0400 (*)
<b>Group II</b> compared to <b>group I</b>	0.9983	0.6321	0.4177	0.8929	0.1479
<i>24 hours after surgery</i>	<i>Range of motion</i>	<i>Glasgow pain scale</i>	<i>Visual analogue scale</i>	<i>Stifle joint circumference</i>	<i>Degree of lameness<sup>1</sup></i>
<b>Control group</b> compared to <b>group I</b>	0.0004 (*)	0.0320 (*)	0.1305	0.6320	0.1928
<b>Control group</b> compared to <b>group II</b>	0.0102 (*)	0.0474 (*)	0.3053	0.6461	0.3116
<b>Group II</b> compared to <b>group I</b>	0.4097	0.9825	0.8714	0.9997	0.9523
<i>10 days after surgery</i>	<i>Range of motion</i>	<i>Glasgow pain scale</i>	<i>Visual analogue scale</i>	<i>Stifle joint circumference</i>	<i>Degree of lameness<sup>1</sup></i>
<b>Control group</b> compared to <b>group I</b>	0.1721	0.2320	0.0880	0.4919	0.0031 (*)
<b>Control group</b> compared to <b>group II</b>	0.7719	0.9846	0.3654	0.7056	0.0031 (*)
<b>Group II</b> compared to <b>group I</b>	0.4846	0.3023	0.6893	0.9349	1.0000
<i>42 days after surgery</i>	<i>Range of motion</i>	<i>Glasgow pain scale</i>	<i>Visual analogue scale</i>	<i>Stifle joint circumference</i>	<i>Degree of lameness<sup>1</sup></i>
<b>Control group</b> compared to <b>group I</b>	<0.0001 (*)	0.1261	0.4606	0.0621	0.1070
<b>Control group</b> compared to <b>group II</b>	<0.0001 (*)	0.0310 (*)	0.2603	0.2165	0.0356 (*)
<b>Group II</b> compared to <b>group I</b>	0.2898	0.7803	0.9152	0.7854	0.8588

Tabelle 1: Vergleich der Messparameter zwischen allen Studiengruppen zu allen Messzeitpunkten (\* beschreibt statistisch signifikante Werte; <sup>1</sup>Lahmheitsgrad war in Gruppe II präoperativ signifikant höher und signifikant niedriger zum Messzeitpunkt 42 Tage post operationem).

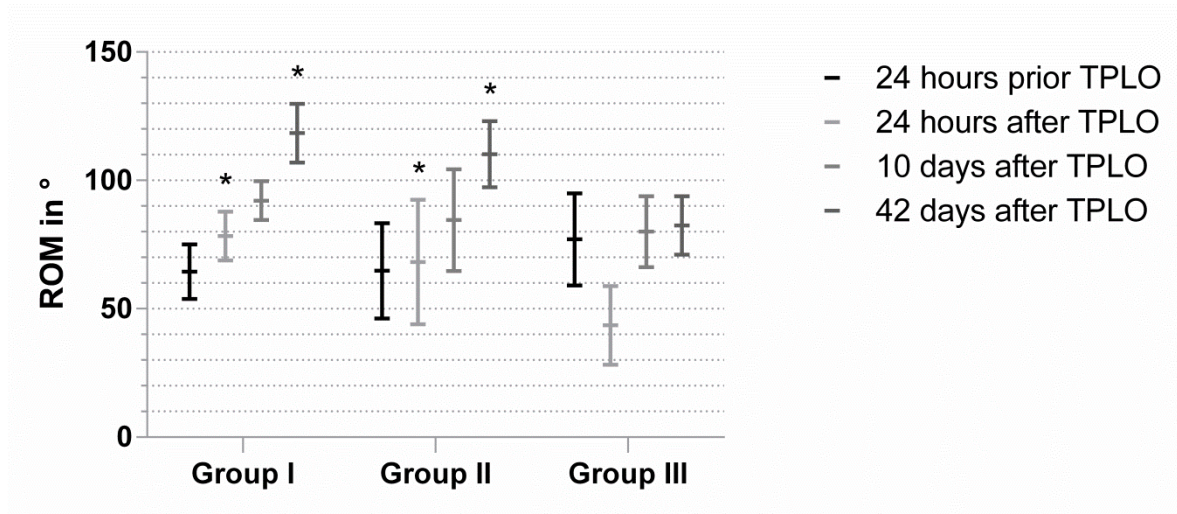


Abbildung 1: ROM (Mittelwert  $\pm$ SD) im Vergleich von Studiengruppen I und II mit der Kontrollgruppe (Gruppe III) zu allen Messzeitpunkten (\* beschreibt statistisch signifikante Unterschiede der Gruppen I und II gegenüber der Kontrollgruppe zu einem bestimmten Messzeitpunkt; siehe Tabelle 1).

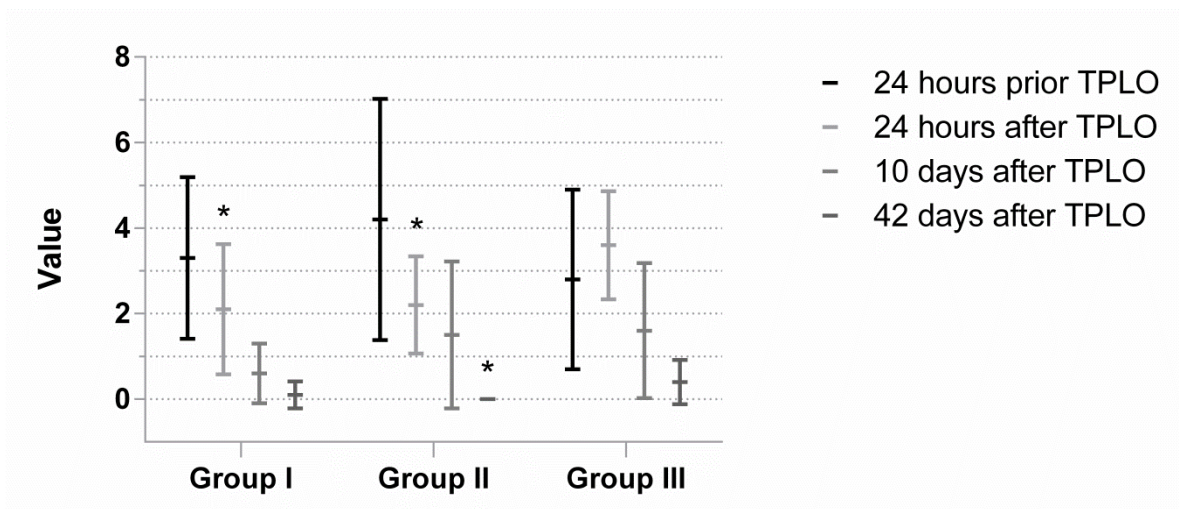


Abbildung 2: GPS (Mittelwert  $\pm$ SD) im Vergleich von Studiengruppen I und II mit der Kontrollgruppe (Gruppe III) zu allen Messzeitpunkten (\* beschreibt statistisch signifikante Unterschiede der Gruppen I und II gegenüber der Kontrollgruppe zu einem bestimmten Messzeitpunkt; siehe Tabelle 1).

Zehn Tage post operationem war der einzig statistisch signifikante Parameter zwischen den Gruppen der Lahmheitsgrad, wobei Hunde aus den Gruppen I und II statistisch signifikante Verbesserungen (beide  $p=0,0031$ ) gegenüber der Kontrollgruppe zeigten (siehe Tabelle 1, Abbildung 3). Präoperativ zeigte Gruppe II statistisch signifikant höhere Werte im Lahmheitsgrad, verglichen mit der

Kontrollgruppe ( $p=0,0400$ ). 24 Stunden post operationem war kein signifikanter Unterschied zwischen diesen Gruppen feststellbar, zum Messzeitpunkt 42 Tage post operationem zeigte Gruppe II jedoch eine statistisch signifikante Verbesserung in diesem Parameter ( $p=0,0356$ ) im Vergleich mit der Kontrollgruppe.

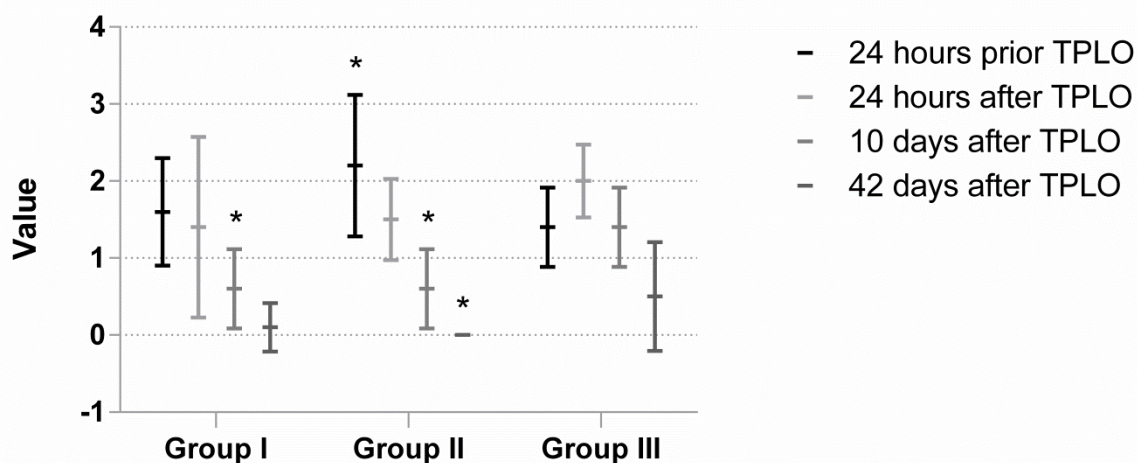


Abbildung 3: Lahmheitsgrad (Mittelwert  $\pm$ SD) im Vergleich von Studiengruppen I und II mit der Kontrollgruppe (Gruppe III) zu allen Messzeitpunkten (\* beschreibt statistisch signifikante Unterschiede der Gruppen I und II gegenüber der Kontrollgruppe zu einem bestimmten Messzeitpunkt; siehe Tabelle 1).

42 Tage nach der TPLO zeigten Hunde in Gruppe II statistisch signifikante Unterschiede verglichen mit der Kontrollgruppe für folgende Parameter: größere ROM ( $p=<0,0001$ ), niedrigere GPS ( $p=0,0310$ ) und einen niedrigeren Lahmheitsgrad ( $p=0,0356$ ). Hunde in Gruppe I zeigten lediglich eine statistisch signifikante Verbesserung der ROM ( $p=<0,0001$ ) im Vergleich mit der Kontrollgruppe (siehe Tabelle 1, Abbildungen 1 – 3).

Zwischen Gruppe I und II war zu keinem Messzeitpunkt ein statistisch signifikanter Unterschied der gemessenen Parameter festzustellen.

Im Vergleich der Parameter zwischen dem präoperativen Zeitpunkt und 42 Tage post operationem zeigten sich alle Parameter bei allen Gruppen statistisch signifikant verbessert, außer die ROM in der Kontrollgruppe (Gruppe III) ( $p=0,8029$ ) (siehe Tabelle 2).

Comparison of before/24 hours after surgery	Range of motion	Glasgow pain scale	Visual analogue scale	Stifle joint circumference	Degree of lameness
Group I	0.0095 (*)	0.1451	0.7906	0.0008 (*)	0.9047
Group II	0.9535	0.0535	0.9941	0.0135 (*)	0.0449 (*)
Group III	<0.0001 (*)	0.5904	0.1930	<0.0001 (*)	0.0622
Comparison of before/10 days after surgery					
Group I	<0.0001 (*)	0.0002 (*)	0.0050 (*)	0.9574	0.0110 (*)
Group II	0.0267 (*)	0.0057 (*)	0.0039 (*)	1.0000	<0.0001 (*)
Group III	0.9579	0.2509	0.2955	0.0104 (*)	1.0000
Comparison of before/42 days after surgery					
Group I	<0.0001 (*)	<0.0001 (*)	<0.0001 (*)	0.0176 (*)	0.0001 (*)
Group II	<0.0001 (*)	<0.0001 (*)	<0.0001 (*)	0.0460 (*)	<0.0001 (*)
Group III	0.8029	0.0039 (*)	0.0009 (*)	0.0059 (*)	0.0027 (*)
Comparison of 24 hours/10 days after surgery					
Group I	0.0101 (*)	0.0468 (*)	0.0004 (*)	0.0029 (*)	0.0530
Group II	0.0836	0.7800	0.0073 (*)	0.0147 (*)	0.0068 (*)
Group III	<0.0001 (*)	0.0186 (*)	0.0034 (*)	0.0067 (*)	0.0622
Comparison of 24 hours/42 days after surgery					
Group I	<0.0001 (*)	0.0052 (*)	<0.0001 (*)	<0.0001 (*)	0.0008 (*)
Group II	<0.0001 (*)	0.0292 (*)	<0.0001 (*)	<0.0001 (*)	<0.0001 (*)
Group III	<0.0001 (*)	0.0001 (*)	<0.0001 (*)	0.0117 (*)	<0.0001 (*)
Comparison of 10 days/42 days after surgery					
Group I	<0.0001 (*)	0.7932	0.4256	0.0051 (*)	0.3465
Group II	0.0028 (*)	0.2025	0.1271	0.0425 (*)	0.1037
Group III	0.9776	0.2509	0.0713	0.9959	0.0027 (*)

Tabelle 2: Vergleich aller Messparameter für jede Gruppe zwischen den evaluierten Messzeitpunkten (\* beschreibt statistisch signifikante Werte).



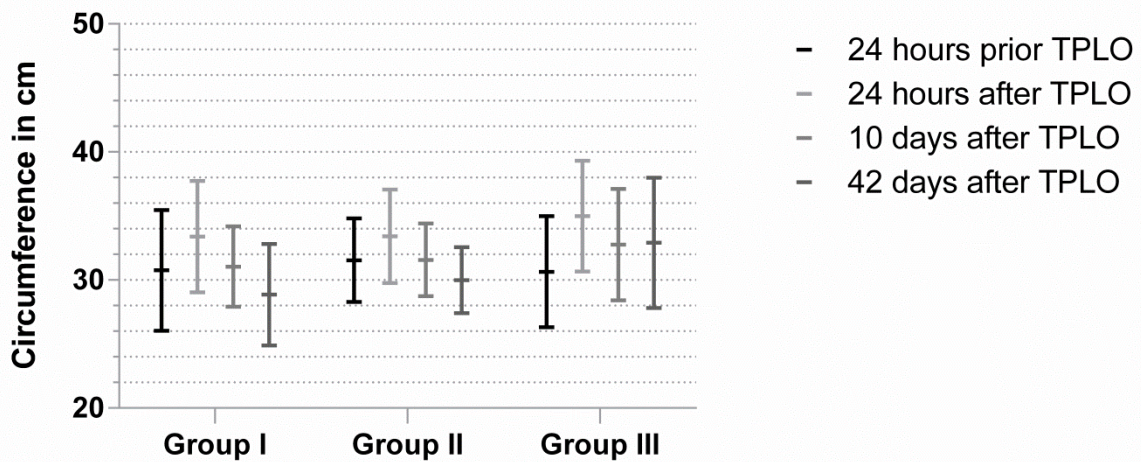


Abbildung 4: Kniegelenksumfang (in cm Mittelwert  $\pm$ SD) im Vergleich von Studiengruppen I und II mit der Kontrollgruppe (Gruppe III) zu allen Messzeitpunkten.

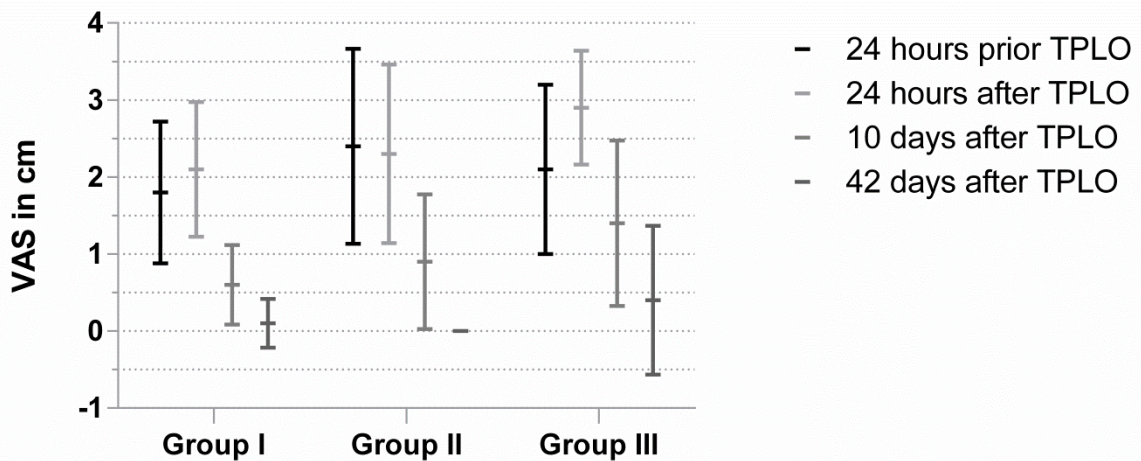


Abbildung 5: VAS (Mittelwert  $\pm$ SD) im Vergleich von Studiengruppen I und II mit der Kontrollgruppe (Gruppe III) zu allen Messzeitpunkten.

## **5 Publikation**

**Comparison of two cold compression therapy protocols after tibial plateau leveling osteotomy in dogs.**

**(Zur Publikation eingereicht bei: Tierärztliche Praxis Kleintiere, Schattauer Verlag 70174 Stuttgart)**



**Comparison of two cold compression therapy protocols after tibial plateau leveling osteotomy in dogs.**

Niklas von Freeden<sup>1</sup>, Felix Duerr<sup>2</sup>, Michael Fehr<sup>1</sup>, Christian Diekmann<sup>1</sup>, Cornelia Mandel<sup>1</sup>, Oliver Harms<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Clinic for Small Animal Medicine, University of Veterinary Medicine Hannover Foundation, Hannover, Lower Saxony, Germany

<sup>2</sup>Colorado State University, Department of Clinical Sciences, Fort Collins, Colorado, USA

**Correspondence to:**

Niklas von Freeden

Klinik für Kleintiere

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover

Bünteweg 9

D-30559 Hannover

Germany

Phone: +49 511 - 9536301

E-mail: Niklas.von.Freeden@tiho-hannover.de

**Conflict of Interest**

The cold compression wraps with inlays and the pump device used for the study were provided by Companion Animal Health.

**Keywords:** cold compression therapy (CCT), cranial cruciate ligament rupture, tibial plateau leveling osteotomy (TPLO), postoperative pain management.

## **Summary**

**Objectives:** To evaluate two different protocols of cold compression therapy (CCT) for pain management and functional recovery in dogs undergoing tibial plateau leveling osteotomy (TPLO).

**Methods:** 27 adult dogs (n=30 stifles; staged, bilateral procedures: n=3) undergoing routine TPLO were randomized into 3 groups (n=10/group). Group I received CCT once before and immediately after surgery. Group II received CCT after surgery four times at 6-h intervals. Group III (control group) received no CCT. Circumference of the stifle joint and the following pain-related parameters were measured by a single, blinded observer before surgery and 1, 10 and 42 days after surgery: stifle joint range of motion (ROM), subjective degree of lameness, and modified Glasgow Pain Scale (GPS).

**Results:** Both CCT groups showed significantly greater ROM and lower GPS scores 24 h after surgery compared to the control group. Ten days after surgery both CCT groups showed a significantly lower degree of lameness compared to the control group. 42 days after surgery significantly greater ROM was observed in both CCT groups compared to the control group. Group II also showed a significant improvement in the degree of lameness and GPS. There were no significant differences in any of the parameters between the two CCT groups at any time point.

**Conclusion:** CCT applied preoperatively and immediately postoperatively showed similar short and long-term beneficial results compared to a previously established protocol of applying CCT four times postoperatively. This protocol may be more suitable for practical use.

## 5.1 Introduction

Canine rehabilitation is one of the fastest growing branches in veterinary medicine and is frequently used to support the recovery after surgery for canine cruciate ligament disease (1). Cryotherapy is a rehabilitation method that is often utilized in people and animals to decrease signs of pain and inflammation in the acute, postoperative period (2, 3). Cryotherapy in human patients following anterior cruciate ligament reconstruction has been shown to significantly reduce pain scores 48 h after surgery (4). Rexing et al. (5) showed decreased soft tissue swelling 72 h after stifle surgery in dogs by applying cold compression when compared to the use of a bandage alone. The beneficial effects of cryotherapy have been attributed to local vasoconstriction resulting in decreased blood flow, capillary permeability, edema formation and analgesia from decreased nerve conduction (3, 6, 7).

Cryotherapy in combination with intermittent dynamic pressure, a method referred to as cold compression therapy (CCT), has been shown to reduce stifle swelling, decrease postoperative pain and improve limb function after tibial plateau leveling osteotomy (TPLO) in dogs 24 h after surgery (8). A recent meta-analysis showed that CCT is superior to cryotherapy alone in the acute rehabilitation stages in people undergoing knee surgery (9). These improvements are thought to be due to more intensive contact of the cooling aggregate with the skin (10) and the direct effects of compression (11, 12): CCT results in a reduced cellular metabolic rate of the affected tissue (13), vasoconstriction, decreased sensory and motor nerve conduction velocities (6, 14), provision of analgesia and reduced swelling (14), prevention of or reduction in trauma induced edema, reduced blood flow and decreased muscle spasm by hypothermia (6, 15, 16). It has also been shown that hypothermia reduces pain by diminishing the concentration of inflammatory mediators such as tumor necrosis factor and nitric oxide (17).

Koyonos et al. (18) found that a single treatment of preoperative cryotherapy was associated with a lower pain score and decreased use of pain medication in the postoperative phase after anterior cruciate ligament reconstruction in humans when compared to no cryotherapy. To the authors' knowledge cryotherapy protocols

utilizing preoperative treatment have not been assessed in the veterinary literature. Therefore, the objective of this study was to compare the effects of two different CCT protocols on range of motion (ROM), swelling, lameness and postoperative pain after TPLO in dogs. Our null hypothesis was that there is no difference in pain-related parameters in dogs receiving CCT preoperatively and once postoperatively compared to dogs receiving four sessions of postoperative CCT.

## **5.2 Materials and methods**

### Study population

Between June 2015 and April 2016 thirty cranial cruciate ligament (CrCL)-deficient stifle joints from twenty-seven dogs were enrolled from cases presenting to the Clinic for Small Animal Medicine, University of Veterinary Medicine Hannover Foundation, Hannover, Germany. All dogs underwent a full physical and orthopedic examination and the diagnosis of CrCL deficiency was based on a combination of the following features: hindlimb lameness, stifle joint effusion, positive cranial drawer sign or positive cranial tibial thrust and radiographic evidence of stifle joint effusion. Each stifle joint was also evaluated using Magnetic Resonance Imaging<sup>a</sup> (MRI) before surgery to ensure a partial or total rupture of the CrCL and rule out other pathologies. Dogs were excluded from the study if they had concurrent orthopedic diseases or showed highly anxious or aggressive behavior. A financial incentive was provided to the owners for participation in the study.

### Anaesthesia, analgesia and perioperative care of animals

All dogs received a standardized anaesthesia/pain management protocol: Dogs were premedicated with acepromazine (0.05 mg/kg IM) and anaesthetized with diazepam (0.5 mg/kg IV), levomethadone (0.2 mg/kg IV) and propofol (to effect, IV) and maintained with isoflurane in oxygen at a vaporizer which was set at 1.5% to 3.0%. All dogs received a preoperative epidural anaesthesia with bupivacaine (0.5 mg/kg) and morphine (0.1 mg/kg). Dogs received amoxicillin/clavulanic acid (12.5 mg/kg, PO, q 12 h, for 10 days) beginning 18 h before surgery. After the TPLO-procedure all dogs received carprofen (4mg/kg, PO, q 24 h for 14 days) with the first dose given

four hours prior to surgery. No additional pain medication was administered and the owners were instructed to follow this protocol.

### TPLO

All surgeries were performed by the same surgeon (O.H.) and assistant (N.v.F.). When the MRI revealed damage to the medial meniscus it was treated with a partial meniscectomy intraoperatively via a mini-arthrotomy without luxation of the patella. If no meniscal injury was identified on MRI no arthrotomy was performed. A standardized TPLO without the use of a jig was performed as described elsewhere (19). Briefly, soft tissue dissection including elevation of the pes anserinus was performed and a gauze soaked in saline (0.9% NaCl) solution was placed caudoproximally to the tibia to protect the cranial tibial artery when performing the osteotomy. After surgery, dogs did not receive any additional bandaging of the affected limb and the wound area was covered with an adhesive wound cover.

### CCT

A computer programme<sup>b</sup> was used to randomly assign study participants to one of three groups. All treatments were performed with the same CCT-device by one of the authors (N.v.F.). Dogs in group I received CCT directly before surgery and immediately after surgery for a duration of 20 min each while under general anaesthesia. Group II received CCT immediately after surgery under general anaesthesia, followed three times at six-hour intervals for a duration of 20 min each. Group III received sham CCT as outlined below. The CCT system<sup>c</sup> consisted of a control unit with an integrated pump, an adjustable wrap designed to fit the stifle joint and a re-freezable gel pack inlay with a hook-and-loop fastener. The gel pack was placed in a freezer until a temperature of 4°C was achieved. This was verified by measuring multiple sections of the gel pack with an infrared thermometer<sup>d</sup>. An intermittent pressure of 50 mmHg was selected. The unit was set to inflate once every minute. The CCT system was attached to the dogs' stifle so that it was fitting properly to the skin by adjusting the straps' tightness. For dogs in group III the adjustable wrap and gel pack inlay were applied for 20 min as performed for dogs in

group I and II. However, the gel pack was used at room temperature and the pump device was not activated.

### Measured Parameters

The following pain-related parameters were measured 24 h before and 1, 10, and 42 days after surgery. All measurements were performed by a single, blinded observer (C.M.) experienced in veterinary rehabilitation. Blinding of the observer was accomplished by separating the observer from the recovery area when CCT treatments were performed. One day after surgery measurements of all parameters were taken approximately six hours after the last application of CCT to allow the dogs' stifle to revert to body temperature.

#### Range of motion (ROM)

ROM was measured with a goniometer<sup>e</sup> in lateral recumbent position as previously described (20). Briefly, the goniometer was placed on the lateral side of the particular limb with the center of the goniometer placed slightly above the centre of rotation of the stifle joint. The plastic wings of the goniometer were placed over the longitudinal axis of the tibia and femur. Extension was measured with the leg in standing position or mild extension. Flexion was measured with the hip in flexion without fixation of the tarsus. Extension and flexion were passively conducted several times as far as the dogs were maximal tolerating by showing no signs of pain or as long as there was no palpable resistance. The difference between the angles of extension and flexion was calculated as ROM.

#### Degree of lameness

The degree of lameness was examined with the dog walking 20 meters on a short leash. Gait evaluation was performed using the following subjective scoring system: 0=no lameness observed, 1=unclear lameness, 2=obvious weight-bearing lameness, 3=obvious lameness with intermittent non-weight-bearing steps, 4=non-weight-bearing lameness.

### Circumference of the stifle joint

Circumference of the stifle joint was quantified with a measuring tape<sup>f</sup> placed around the stifle joint at the level of the distal part of the patella as previously described (8). This measurement was taken in fully extended position.

### Visual analogue scale (VAS)

To evaluate the VAS the examiner set a mark on a 10 cm line, where 0 cm marked no subjective pain and 10 cm marked the worst possible pain as subjectively assessed by the blinded examiner. The measured value was defined as the distance from the left end of the scale to the examiner's set mark (21).

### Modified Glasgow Pain Scale (GPS)

For the GPS (22) the examined criteria were demeanor, posture, vocalization, mobility, attention to surgical wound and response to touch. This allowed for a scoring of 0 to 24 possible points indicative of the dogs' physical and mental wellness with 0 being no pain and 24 being severe pain. GPS was completed after observation and manipulation of the dogs.

### Statistical analysis

All statistical analyses were performed using a commercially available programme<sup>g</sup>. The variables ROM, GPS, stifle joint circumference, degree of lameness and VAS were analyzed by a two-way ANOVA with group as the independent factor and time point as factor with repeated measurements. Post hoc TUKEY was calculated for multiple pairwise comparisons, regarding the experiment-wise error rate. A p-value  $\leq$  0.05 was considered significant.

## **5.3 Results**

### Study population

Breeds were distributed as followed: mixed breed (n=7), Labrador retriever (n=7), German wirehaired pointer (n=2), Boxer (n=2), Golden retriever (n=1), Newfoundland (n=1), Chow chow (n=1), Bernese mountain dog (n=1), Dalmatian (n=1), Weimaraner

(n=1), Great Dane (n=1), Old English Bulldog (n=1), American Akita (n=1), Rottweiler (n=1), Bullmastiff (n=1), American Staffordshire Terrier (n=1). Bodyweight ranged from 26.8 kg to 73.0 kg with a mean of 36.1 kg  $\pm$  10.28 kg. The age ranged from 1.14 years to 10.79 years with a mean of 4.79 years  $\pm$  2.52 years. Meniscal tears occurred in 56.67% of cases (n=17) which were distributed as follows: 23.53% in group I (n=4), 35.29% in group II (n=6) and 41.18% in group III (n=7). The differences in the distribution of meniscal tears between groups were not significant (p=0.3867). All meniscal tears were identified in the medial meniscus and were treated with a partial meniscectomy of the damaged part of the meniscus. No major intraoperative or postoperative complications were observed. Two dogs in group III showed minor wound inflammation at 10 days after surgery, which did not require additional treatment. No negative effects after CCT treatment were observed and all dogs tolerated the treatment. All dogs improved clinically, and no radiographic complications were observed. Bone healing was as expected for all patients at 42 days after surgery. All study participants were evaluated at all time points and none of the dogs were lost to follow-up.

One day after surgery dogs in groups I and II showed a significant improvement for ROM (group I: p=0.0004, group II: p=0.0102) and GPS (group I: p=0.0320, group II: p=0.0474) compared to group III (see table 1; figure 1 – 2).

Ten days after surgery the only statistically significant difference between groups was degree of lameness where groups I and II showed a statistically significant lower degree of lameness (both p=0.0031) compared to the control group (see table 1; figure 3). Before surgery group II showed a statistically significant higher degree of lameness compared to the control group (p=0.0400). 24 h after TPLO there was no statistically significant difference between these groups but at 42 days after surgery the control group showed a significantly higher degree of lameness compared to group II (p=0.0356).

42 days after surgery dogs in group II showed statistically significant differences compared to the control group for the following parameters: greater ROM (p<0.0001), lower GPS (p=0.0310), and lower degree of lameness (p=0.0356).



Dogs in group I only showed statistically significant differences for ROM ( $p < 0.0001$ ) when compared to the control group (see table 1; figure 1 – 3).

There were no statistically significant differences in any of the parameters at any time point between groups I and II (see table 1).

When parameters were compared for time point 0 to 42 days after surgery most parameters were found to be significantly different between groups besides ROM in the control group ( $p = 0.8029$ ) (see table 2).

## **5.4 Discussion**

In the present study, we investigated a novel protocol of CCT for its effectiveness compared to a previously reported protocol that showed beneficial effects in dogs undergoing TPLO. This novel protocol applies CCT once preoperatively and once immediately after surgery. While both protocols showed improvement in pain-related parameters, the previously established protocol appeared slightly superior at 42 days after surgery. The described novel protocol may provide a more feasible alternative of applying CCT in a clinical setting.

Only few veterinary clinical trials evaluating the effects of cryotherapy have been performed to date: In a randomized, blinded, placebo-controlled trial of dogs undergoing TPLO, postoperative CCT resulted in lower pain and lameness scores and an increased ROM one day after surgery. In that study no significant differences were found two weeks after surgery and at the 28-day time-point an insufficient number of data sets were available for comparison (8). Our study findings are similar, however, we were able to show a longer lasting effect of the CCT. This may be related to the larger sample size, the difference in devices utilized or the study population. Another study showed that cold compression in combination with a bandage reduced soft tissue swelling at 72 h after an extracapsular repair technique for cruciate disease in dogs (5). In human medicine positive effects of CCT are reported to have similar benefits: In one study (10) investigators showed that a postoperatively used cold-compression system resulted in lower pain scores, reduced need of analgesics and increased passive ROM compared to the application of ice alone after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. One prospective

trial (18) evaluating the efficacy of preoperative cryotherapy in humans undergoing arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction has been conducted. In that study 53 patients were enrolled and randomized into two groups. The treatment group received an average duration of 60 minutes of preoperative cryotherapy using a commercial non-compressive cryotherapy unit while the control group did not receive any treatment. All patients received a dry sterile dressing, followed by a compressive wrap and a hinged knee brace which was locked in extension. The authors found a significant reduction of reported pain in the first 36 h after surgery which was measured via VAS. Furthermore, a significantly reduced consumption of pain relievers in the first 36 h after surgery was reported. Preoperative cryotherapy is thought to work similarly to preoperative pharmacological interventions by providing preemptive analgesic effects. The importance of rehabilitation and multi-modal and pre-emptive analgesia after orthopedic surgery has been recognized in veterinary medicine, and as such, treatment modalities without adverse effects are desirable (23). CCT represents such a modality, as confirmed by the present and previous studies (5, 8).

The choice of a single preoperative and postoperative CCT for our study protocol was based on previous studies in dogs and humans (8, 14, 18). We chose this protocol because it allows a very practical, simple clinically applicable protocol since patients are under general anaesthesia at these time points. Furthermore, postoperative CCT requires additional staff and the cooperation of the patient. However, our study design does not allow us to make any conclusions on the effectiveness of preoperative application of CCT alone. It is plausible that the one CCT applied postoperatively was the main reason for the observed benefits.

In our study, ROM was found to continuously improve for both CCT groups while a postoperative decrease was observed in the control group. This supports previous studies indicating that CCT provides a faster recovery.

The temperature of 4°C was chosen, based on previous research (8) showing that this temperature is well tolerated in dogs and has analgesic potential to reduce the transmission velocity of pain signals. The relationship between application of cold and the potential to provide analgesia is thought to be linear up until 10°C when

neural transmission is blocked (24, 25). When temperatures below 0°C are reached it may cause tissue damage due to cold injury (24). The pressure of 50 mmHg was set, based on former studies in humans (10) and dogs (8). The duration and treatment intervals of CCT were selected based on current recommendations regarding the use of cold compression in veterinary medicine (24) and former studies (8) related to the practicability in a clinical surrounding.

Although Priddy et al. (26) reported an owner satisfaction of 93% after TPLO, complications were reported in up to 34% of cases (27). Short term complications, such as swelling, incision line inflammation, edema or bruising were reported in up to 9.3% of cases (28). Additional medical treatment and extended postoperative management may be necessary for minor complications, such as swelling, limb edema, hematoma, lameness and postoperative pain (26, 28-30). Avoiding these complications allows for a more rapid recovery from surgery and less need for postoperative care. In our study we did not experience any short-term complications except for two dogs in group III showing minor signs of wound inflammation 10 days after surgery. Further investigation into these complications with a larger sample size is needed since this was not a direct objective of the study.

Even though evaluation of pain in domestic animals is difficult, the VAS is a simple way of assessing pain and a frequently used method in animal studies (31, 32). Another way of evaluating the amount of pain is by means of several observations and interactions with the animal via the behavior-based modified Glasgow pain scale (22). In our study reported here we did not find any significant results between groups for the VAS. This may be explained by the subjective aspect of this pain scale, the multidimensional characteristics of pain or that dogs that underwent the examination were too irritated by the foreign environment and the examiner's manipulation to show adequate signs of pain.

Limitations of the present study include the variability inherent in a natural model, the sample size and lack of a study arm receiving preoperative CCT only. We also did not identify a statistical difference in distribution of dogs with meniscal tears/arthrotomies between groups.

Moreover, we do not know which of the two CCT applications in group I created the beneficial effects. Further studies could investigate the effects of single preoperative application of CCT and single postoperative application of CCT with the established protocol. However, the utilized protocol can easily be followed in a clinical setting without additional staffing and therefore such studies may not be necessary.

## **5.5 Conclusion**

CCT can aid to reduce pain-related parameters if used once pre- and postoperatively after TPLO in dogs.

**a:** Philips Achieva 3T (TX) – DS MR System, Philips GmbH Market DACH, Health Systems, Hamburg, Hamburg, Germany

**b:** Microsoft Excel 2010, Microsoft Corporation, Albuquerque, New Mexico, USA

**c:** Cold compression device, pump model no. PPRT-01, wrap & gel pack model no. LCSW-12, LiteCure, LLC™ Companion Animal Health, Newark, Delaware, USA

**d:** Infrared thermometer mini flash, model no. 31.1108, TFA Dostmann GmbH & Co. KG, Wertheim-Reicholzheim, Baden-Württemberg, Germany

**e:** Goniometer, model no. REF 12.20600.001, Kirchner & Wilhelm GmbH & Co. KG Medizintechnik, Asperg, Baden-Württemberg, Germany

**f:** Measuring tape profi, model no. 282171, William Prym Holding GmbH, Stolberg, North Rhine-Westfalia, Germany

**g:** Statistical Analysis System SAS, SAS software, version 9.3, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA

## 5.6 References

1. Millis DL, Ciuperca IA. Evidence for canine rehabilitation and physical therapy. *Vet Clin North Am Small Anim Pract* 2015; 45: 1-27.
2. Kullenberg B, Ylipaa S, Soderlund K, et al. Postoperative cryotherapy after total knee arthroplasty: a prospective study of 86 patients. *J Arthroplasty* 2006; 21: 1175-1179.
3. Millis DL. Getting the dog moving after surgery. *J Am Anim Hosp Assoc* 2004; 40: 429-436.
4. Martimbianco AL, Gomes da Silva BN, de Carvalho AP, et al. Effectiveness and safety of cryotherapy after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. A systematic review of the literature. *Phys Ther Sport* 2014; 15: 261-268.
5. Rexing J, Dunning D, Siegel AM, et al. Effects of cold compression, bandaging, and microcurrent electrical therapy after cranial cruciate ligament repair in dogs. *Vet Surg* 2010; 39: 54-58.
6. Ho SS, Coel MN, Kagawa R, et al. The effects of ice on blood flow and bone metabolism in knees. *Am J Sports Med* 1994; 22: 537-540.
7. McMaster WC. A literary review on ice therapy in injuries. *Am J Sports Med* 1977; 5: 124-126.
8. Drygas KA, McClure SR, Goring RL, et al. Effect of cold compression therapy on postoperative pain, swelling, range of motion, and lameness after tibial plateau leveling osteotomy in dogs. *J Am Vet Med Assoc* 2011; 29: 1284-1291.
9. Song M, Sun X, Tian X, et al. Compressive cryotherapy versus cryotherapy alone in patients undergoing knee surgery: a meta-analysis. *Springerplus* 2016; 5: 1074-1085.
10. Schroeder D, Paessler HH. Combination of cold and compression after knee surgery. A prospective randomized study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1994; 2: 158-165.
11. Hewitt JD, Harrelson JM, Dailiana Z, et al. The effect of intermittent pneumatic compression on fracture healing. *J Orthop Trauma* 2005; 19: 371-376.
12. Park SH, Silva M. Effect of intermittent pneumatic soft-tissue compression on fracture-healing in an animal model. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85-a: 1446-1453.

13. Ohkoshi Y, Ohkoshi M, Nagasaki S, et al. The effect of cryotherapy on intraarticular temperature and postoperative care after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1999; 27: 357-362.
14. Martin SS, Spindler KP, Tarter JW, et al. Cryotherapy: an effective modality for decreasing intraarticular temperature after knee arthroscopy. *Am J Sports Med* 2001; 29: 288-291.
15. Cobbold AF, Lewis OJ. Blood flow to the knee joint of the dog; effect of heating, cooling and adrenaline. *J Physiol* 1956; 132: 379-383.
16. Olson JE, Stravino VD. A review of cryotherapy. *Phys Ther* 1972; 52: 840-853.
17. Yenari MA, Han HS. Influence of hypothermia on post-ischemic inflammation: role of nuclear factor kappa B (NFkappaB). *Neurochem Int* 2006; 49: 164-169.
18. Koyonos L, Owsley K, Vollmer E, et al. Preoperative cryotherapy use in anterior cruciate ligament reconstruction. *J Knee Surg* 2014; 27: 479-484.
19. Schmerbach KI, Boeltzig CK, Reif U, et al. In vitro comparison of tibial plateau leveling osteotomy with and without use of a tibial plateau leveling jig. *Vet Surg* 2007; 36: 156-163.
20. Jaegger G, Marcellin-Little DJ, Levine D. Reliability of goniometry in Labrador Retrievers. *Am J Vet Res* 2002; 63: 979-986.
21. Conzemius MG, Hill CM, Sammarco JL, et al. Correlation between subjective and objective measures used to determine severity of postoperative pain in dogs. *J Am Vet Med Assoc* 1997; 210: 1619-1622.
22. Murrell JC, Psatha EP, Scott EM, et al. Application of a modified form of the Glasgow pain scale in a veterinary teaching centre in the Netherlands. *Vet Rec* 2008; 162: 403-408.
23. Kehlet H, Dahl JB. The value of "multimodal" or "balanced analgesia" in postoperative pain treatment. *Anesth Analg* 1993; 77: 1048-1056.
24. Harris JE, Dhupa S. Cryotherapy. *Comp Cont Educ Pract* 2007; 29: 632-635.
25. Lowitzsch K, Hopf HC, Galland J. Changes of sensory conduction velocity and refractory periods with decreasing tissue temperature in man. *J Neurol* 1977; 216: 181-188.

26. Priddy NH 2<sup>nd</sup>, Tomlinson JL, Dodam JR, et al. Complications with and owner assessment of the outcome of tibial plateau leveling osteotomy for treatment of cranial cruciate ligament rupture in dogs: 193 cases (1997-2001). *J Am Vet Med Assoc* 2003; 222: 1726-1732.
27. Bergh MS, Peirone B. Complications of tibial plateau levelling osteotomy in dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol* 2012; 25: 349-358.
28. Stauffer KD, Tuttle TA, Elkins AD, et al. Complications associated with 696 tibial plateau leveling osteotomies (2001- 2003). *J Am Anim Hosp Assoc* 2006; 42: 44-50.
29. Fitzpatrick N, Solano MA. Predictive variables for complications after TPLO with stifle inspection by arthrotomy in 1000 consecutive dogs. *Vet Surg* 2010; 39: 460-474.
30. Cook JL, Luther JK, Beetem J, et al. Clinical comparison of a novel extracapsular stabilization procedure and tibial plateau leveling osteotomy for treatment of cranial cruciate ligament deficiency in dogs. *Vet Surg* 2010; 39: 315-323.
31. Hoelzler MG, Harvey RC, Lidbetter DA, et al. Comparison of perioperative analgesic protocols for dogs undergoing tibial plateau leveling osteotomy. *Vet Surg* 2005; 34: 337-344.
32. Hudson JT, Slater MR, Taylor L, et al. Assessing repeatability and validity of a visual analogue scale questionnaire for use in assessing pain and lameness in dogs. *Am J Vet Res* 2004; 65: 1634-1643.

## 5.7 Figures and Tables

<i>Before surgery</i>					
	Range of motion	Glasgow pain scale	Visual analogue scale	Stifle joint circumference	Degree of lameness <sup>1</sup>
<b>Control group</b> compared to <b>group I</b>	0.2055	0.8664	0.7992	0.9978	0.7965
<b>Control group</b> compared to <b>group II</b>	0.2255	0.3390	0.7992	0.8638	0.0400 (*)
<b>Group II</b> compared to <b>group I</b>	0.9983	0.6321	0.4177	0.8929	0.1479
<i>24 hours after surgery</i>					
<b>Control group</b> compared to <b>group I</b>	0.0004 (*)	0.0320 (*)	0.1305	0.6320	0.1928
<b>Control group</b> compared to <b>group II</b>	0.0102 (*)	0.0474 (*)	0.3053	0.6461	0.3116
<b>Group II</b> compared to <b>group I</b>	0.4097	0.9825	0.8714	0.9997	0.9523
<i>10 days after surgery</i>					
<b>Control group</b> compared to <b>group I</b>	0.1721	0.2320	0.0880	0.4919	0.0031 (*)
<b>Control group</b> compared to <b>group II</b>	0.7719	0.9846	0.3654	0.7056	0.0031 (*)
<b>Group II</b> compared to <b>group I</b>	0.4846	0.3023	0.6893	0.9349	1.0000
<i>42 days after surgery</i>					
<b>Control group</b> compared to <b>group I</b>	<0.0001 (*)	0.1261	0.4606	0.0621	0.1070
<b>Control group</b> compared to <b>group II</b>	<0.0001 (*)	0.0310 (*)	0.2603	0.2165	0.0356 (*)
<b>Group II</b> compared to <b>group I</b>	0.2898	0.7803	0.9152	0.7854	0.8588

Table 1: Measured parameters compared between all study groups at all evaluated time-points (\* indicates statistically significant values; <sup>1</sup> degree of lameness was significantly higher in group II before surgery and lower at the 42 day time-point).



Comparison of before/24 hours after surgery	Range of motion	Glasgow pain scale	Visual analogue scale	Stifle joint circumference	Degree of lameness
Group I	0.0095 (*)	0.1451	0.7906	0.0008 (*)	0.9047
Group II	0.9535	0.0535	0.9941	0.0135 (*)	0.0449 (*)
Group III	<0.0001 (*)	0.5904	0.1930	<0.0001 (*)	0.0622
Comparison of before/10 days after surgery					
Group I	<0.0001 (*)	0.0002 (*)	0.0050 (*)	0.9574	0.0110 (*)
Group II	0.0267 (*)	0.0057 (*)	0.0039 (*)	1.0000	<0.0001 (*)
Group III	0.9579	0.2509	0.2955	0.0104 (*)	1.0000
Comparison of before/42 days after surgery					
Group I	<0.0001 (*)	<0.0001 (*)	<0.0001 (*)	0.0176 (*)	0.0001 (*)
Group II	<0.0001 (*)	<0.0001 (*)	<0.0001 (*)	0.0460 (*)	<0.0001 (*)
Group III	0.8029	0.0039 (*)	0.0009 (*)	0.0059 (*)	0.0027 (*)
Comparison of 24 hours/10 days after surgery					
Group I	0.0101 (*)	0.0468 (*)	0.0004 (*)	0.0029 (*)	0.0530
Group II	0.0836	0.7800	0.0073 (*)	0.0147 (*)	0.0068 (*)
Group III	<0.0001 (*)	0.0186 (*)	0.0034 (*)	0.0067 (*)	0.0622
Comparison of 24 hours/42 days after surgery					
Group I	<0.0001 (*)	0.0052 (*)	<0.0001 (*)	<0.0001 (*)	0.0008 (*)
Group II	<0.0001 (*)	0.0292 (*)	<0.0001 (*)	<0.0001 (*)	<0.0001 (*)
Group III	<0.0001 (*)	0.0001 (*)	<0.0001 (*)	0.0117 (*)	<0.0001 (*)
Comparison of 10 days/42 days after surgery					
Group I	<0.0001 (*)	0.7932	0.4256	0.0051 (*)	0.3465
Group II	0.0028 (*)	0.2025	0.1271	0.0425 (*)	0.1037
Group III	0.9776	0.2509	0.0713	0.9959	0.0027 (*)

Table 2: Measured parameters compared for each study group as a comparison between evaluated time-points

(\* indicates statistically significant values).

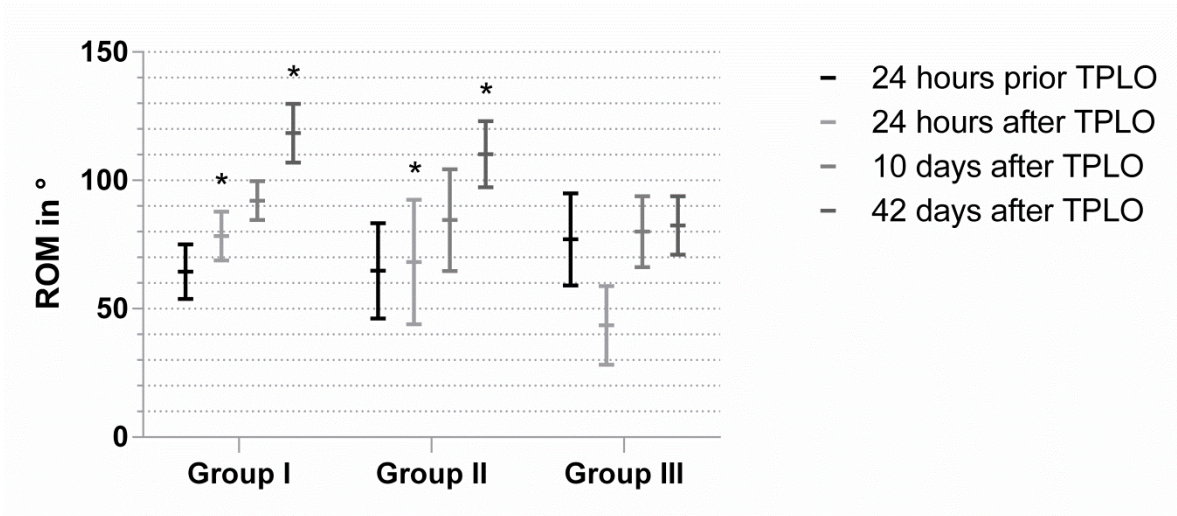


Figure 1: ROM (in ° mean ±SD) compared between study groups I and II and the control group (group III) at all measured time-points (\* indicates statistically significant difference of groups I and II compared to the control group at a given time-point; see table 1).

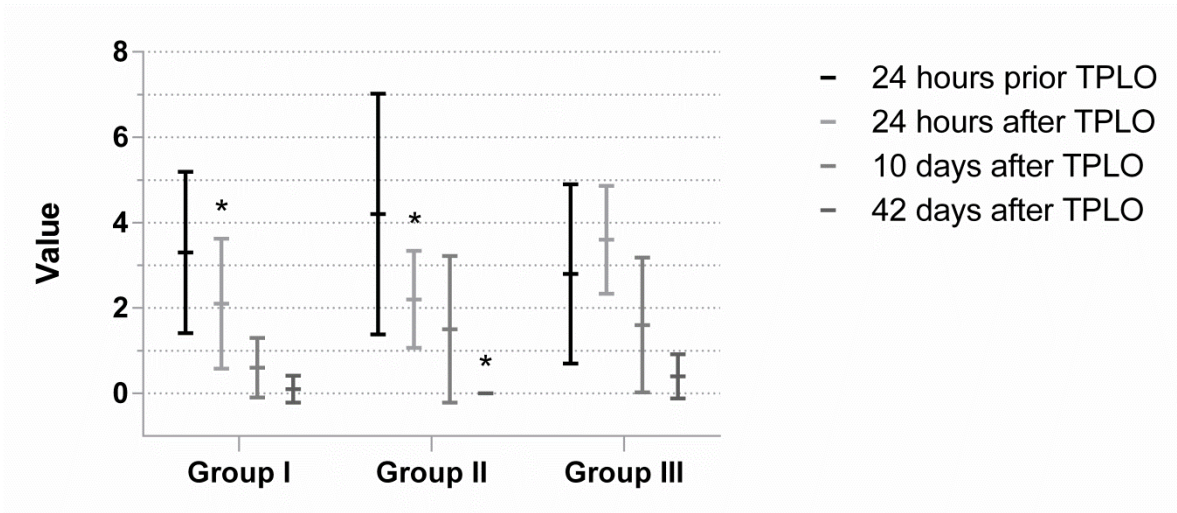


Figure 2: GPS (mean ±SD) compared between study groups I and II and the control group (group III) at all measured time-points (\* indicates statistically significant difference of groups I and II compared to the control group at a given time-point; see table 1).

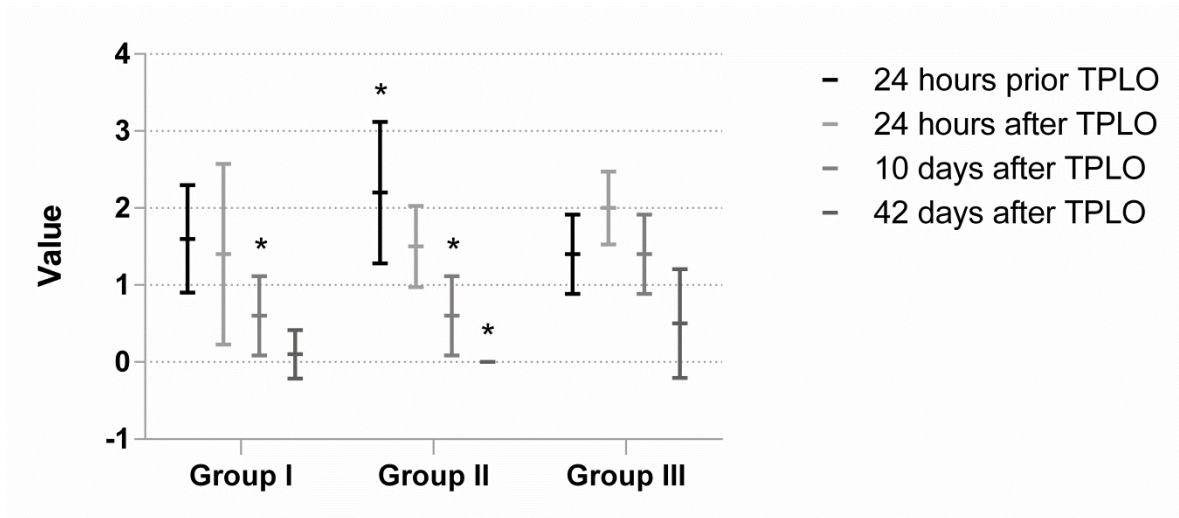


Figure 3: Degree of lameness (mean  $\pm$ SD) compared between study groups I and II and the control group (group III) at all measured time-points (\* indicates statistically significant difference of groups I and II compared to the control group at a given time-point; see table 1).

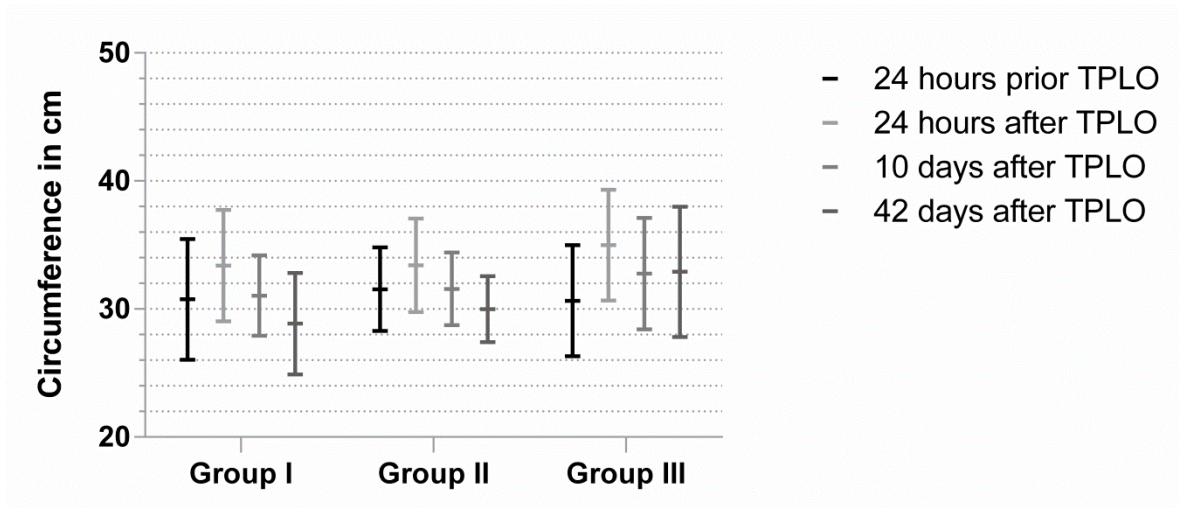


Figure 4: Stifle joint circumference (in cm mean  $\pm$ SD) compared between study groups I and II and the control group (group III) at all measured time-points.

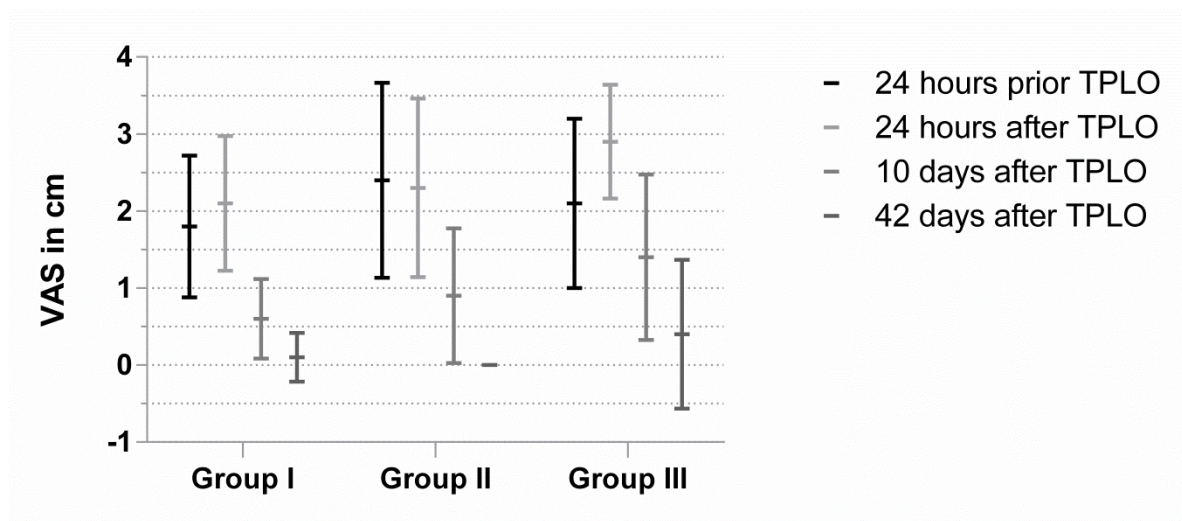


Figure 5: VAS (mean  $\pm$ SD) compared between study groups I and II and the control group (group III) at all measured time-points.

## 6 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit wurde ein neuartiges Protokoll zur Kälte-Kompressionstherapie bei Hunden nach TPLO auf seine Effektivität mit einem bereits etablierten und wirksamen Protokoll dieser Methodik verglichen. Dieses neue Protokoll beinhaltet eine Anwendung der Kälte-Kompressionstherapie unmittelbar präoperativ und eine Anwendung unmittelbar postoperativ. Beide Protokolle lieferten gute Ergebnisse im Hinblick auf schmerzrelevante Messparameter, das etablierte Protokoll der Kälte-Kompressionstherapie erschien jedoch beim Messzeitpunkt 42 Tage post operationem leicht überlegen.

Es sind zurzeit nur wenige klinische Studien in der Veterinärmedizin vorhanden, die sich mit den Auswirkungen und Effekten der Kryotherapie beschäftigen: In einer randomisierten, verblindeten, Placebo-kontrollierten Studie von Hunden, die postoperativ nach TPLO die Kälte-Kompressionstherapie erhielten, zeigten sich eine verbesserte ROM sowie niedrigere Messwerte für die Schmerzbeurteilung und geringere Lahmheitsgrade 24 Stunden post operationem. Zum Messzeitpunkt 14 Tage nach der Operation waren in dieser Studie keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen der Versuchs- und Kontrollgruppe zu beobachten und nach 28 Tagen waren zu wenig Datensätze verfügbar, um eine ausreichende statistische Auswertung zu ermöglichen (DRYGAS et al. 2011). Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigten ähnliche Effekte, allerdings über einen längeren Messzeitraum. Dies könnte mit der größeren Studienpopulation, den unterschiedlichen Geräten zur Kälte-Kompressionstherapie oder den Unterschieden innerhalb der Studienpopulation in Bezug auf Alter, Rasse, Gewicht, Geschlecht, Grad und Dauer der Erkrankung und sekundärer Läsionen erklärt werden. Eine andere Studie zeigte bei Hunden durch die Anwendung von Kaltkompressen in Verbindung mit einem Verband 72 Stunden nach extrakapsulär angewandter Technik zur Stabilisierung des Kniegelenkes eine reduzierte Schwellung des umliegenden Bindegewebes (REXING et al. 2010). Auch in der humanmedizinischen Literatur sind ähnlich positive Ergebnisse der Kälte-Kompressionstherapie zu finden: Eine Studie (SCHROEDER u. PAESSLER 1994)

zeigte durch den postoperativen Einsatz eines Kälte-Kompressionssystems nach chirurgischer Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes eine Schmerzreduktion auf der Schmerzskala, reduzierter Verbrauch von Analgetika und verbesserte passive ROM des Kniegelenkes im Vergleich zur alleinigen postoperativen Applikation von Eis. Eine andere prospektive Studie (KOYONOS et al. 2014) untersuchte den Wirkungsgrad von präoperativer Kryotherapie bei Patienten nach arthroskopisch assistierter chirurgischer Wiederherstellung des vorderen Kreuzbandes. Es wurden hierbei 53 Patienten in zwei Studiengruppen eingeteilt. Eine Gruppe erhielt präoperativ für eine durchschnittliche Dauer von 60 min eine kommerziell erhältliche, nicht-kompressive Kryoeinheit um das betreffende Kniegelenk gelegt. Die andere Gruppe erhielt als Kontrollgruppe keine präoperative Kryotherapie. Alle Studienteilnehmer erhielten das gleiche postoperative Management, bestehend aus einem Verband gefolgt von einer kompressiven Binde. Zusätzlich wurde eine Knie-Schiene angelegt und in Extension des Kniegelenks verriegelt. Die Gruppe, die die präoperative Kryotherapie erhielt, zeigte in den ersten 36 Stunden post operationem eine signifikant niedrigere Schmerzbeurteilung via der VAS und einen signifikant niedrigeren Verbrauch an Analgetika. Der Nutzen der präoperativen Kryotherapie wird vor allem darin gesehen, durch präventive analgetische Effekte, ähnlich wie durch medikamentöse Therapie, den empfundenen Schmerz der Patienten zu reduzieren.

Das Design des Studienprotokolls dieser Arbeit mit einer einmaligen prä- und postoperativen Anwendung der Kälte-Kompressionstherapie wurde auf Basis von bereits verfügbarer Literatur aus Human- und Veterinärmedizin gewählt (MARTIN et al. 2001; DRYGAS et al. 2011; KOYONOS et al. 2014). Dieses Protokoll ist sehr praktisch orientiert, da es auch in einer tierklinischen Umgebung einfach anzuwenden ist und die behandelten Tiere zu den Zeitpunkten der Therapie unter Allgemeinanästhesie stehen. Verglichen mit dem postoperativ mehrmaligen Gebrauch der Kälte-Kompressionstherapie spart die einmalig prä- und postoperative Applikation Personal und es ist keine Kooperation des Patienten notwendig. Es ist allerdings nicht möglich eine Aussage darüber zu treffen, ob die beobachteten positiven Effekte auch direkt durch die präoperative Kälte-Kompressionstherapie

hervorgerufen wurden. Möglicherweise ist die einmalig postoperative Anwendung im Rahmen dieses Protokolls für die beobachteten Verbesserungen der Messparameter verantwortlich.

In dieser Arbeit wurde bei beiden Studiengruppen, welche die Kälte-Kompressionstherapie erhielten, über alle Messzeitpunkte eine stetige Verbesserung der ROM beobachtet, während sich in der Kontrollgruppe eine postoperative Verschlechterung selbiger darstellen ließ. Dieser Aspekt unterstützt die Ergebnisse vorheriger Studien, dass die Kälte-Kompressionstherapie eine schnellere Rehabilitation des Patienten fördert.

Die Temperatur des Inlays von 4°C wurde aufgrund von Angaben in einer vorangegangenen Studie (DRYGAS et al. 2011) gewählt. Sie wurde von den Studienpatienten sehr gut toleriert und besitzt durch die kältebedingte Verringerung der Signalübertragung des Schmerzes ein analgetisches Potential. Die Anwendung von Kälte und das damit verbundene analgetische Potential stehen bei blockierter neuronaler Übertragung bis 10°C in direkter linearer Beziehung (LOWITZSCH et al. 1977; HARRIS u. DHUPA 2007). Werden jedoch Temperaturen unterhalb von 0°C angewendet, dann kann dies zu einer Gewebeschädigung führen (HARRIS u. DHUPA 2007). Der Druck von 50 mmHg wurde ebenfalls auf Grundlage vorheriger Studien aus Human- (SCHROEDER u. PAESSLER 1994) und Veterinärmedizin (DRYGAS et al. 2011) gewählt. Ferner berief sich die Anwendungsdauer und der Abstand der Behandlungsintervalle auf bisherige Studienerkenntnisse aus der Tiermedizin (HARRIS u. DHUPA 2007) und Studien bezüglich der Anwendungspraktikabilität in einer klinischen Umgebung (DRYGAS et al. 2011).

Obwohl in einer Untersuchung von PRIDDY et al. (2003) die Zufriedenheit der Besitzer in Bezug auf das postoperative Ergebnis der TPLO mit 93% beschrieben wurde, treten Komplikationen nach dieser OP in bis zu 34% der Fälle auf (BERGH u. PEIRONE 2012). Kurz nach der OP auftretende Komplikationen, wie zum Beispiel Schwellung, Entzündung des Inzisionsbereichs, Wundödem oder Rötung des OP-Gebietes werden mit einer Häufigkeit von 9,3% beschrieben (STAUFFER et al. 2006). Für diese Art der kleineren Komplikationen kann eine zusätzliche medizinische Behandlung und/oder ein verlängertes postoperatives Management



notwendig sein (PRIDDY et al. 2003; STAUFFER et al. 2006; COOK et al. 2010; FITZPATRICK u. SOLANO 2010). Können diese Komplikationen vermieden werden, erlauben sie dem Patienten eine schnellere Genesung und Rehabilitation von der Operation und tragen zu einem geringeren postoperativen Aufwand in der medizinischen Nachsorge bei. In dieser Arbeit wurde lediglich bei zwei Hunden aus der Kontrollgruppe zum Messzeitpunkt 10 Tage post operationem eine leichte Wundinfektion des OP-Gebietes festgestellt. Da Untersuchungen über das Auftreten von postoperativen Komplikationen kein direktes Ziel dieser Arbeit waren, erscheint es als sinnvoll, weiterführende Studien dazu mit einer größeren Studienpopulation durchzuführen.

Obwohl die VAS eine simple und häufiger genutzte Methode zur Schmerzevaluierung bei Tieren ist (HUDSON et al. 2004; HOELZLER et al. 2005), gestaltet sich die Einschätzung des Schmerzempfindens bei den Haussäugetieren als schwierig. Eine weitere Möglichkeit bietet sich mittels verschiedener Beobachtungen und Manipulationen des Tieres mit dem Gebrauch der verhaltensbasierten modifizierten Glasgow pain scale (MURRELL et al. 2008). In dieser Studie wurden über den gesamten Beobachtungszeitraum keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen in Bezug auf die VAS gefunden. Das kann damit erklärt werden, dass diese Skala der Schmerzbeurteilung sehr subjektiv in ihrer Anwendung ist, dass die Schmerzcharakteristika vielschichtig sind oder dass die Hunde während der Untersuchung in ungewohnter Umgebung und durch ungewohnte Personen zu irritiert waren, um adäquaten Schmerz zu zeigen. Weitere Limitationen ergaben sich aus der Tatsache, dass keine Studiengruppe vorhanden war, welche die Kälte-Kompressionstherapie ausschließlich präoperativ erhielt. Daher lässt sich nicht genau definieren, welche der beiden Anwendungen bei Gruppe I die gemessenen positiven Effekte hervorgebracht hat. In weiteren Studien sollte dieser Aspekt aufgegriffen und eine Studiengruppe inkludiert werden, bei welcher die Kälte-Kompressionstherapie ausschließlich präoperativ Anwendung findet, verglichen mit einer alleinigen postoperativen Applikation dieser Methode. Eine weitere Möglichkeit, die erzielten Ergebnisse zu validieren und vertiefend wissenschaftlich zu untersuchen, wäre, die Größe der einzelnen Studiengruppen zu



erhöhen und die Studiengruppen bezüglich der Auswahl der Rasse, des Alters, des Geschlechts, der Dauer und des Grades der Erkrankung und des Auftretens an sekundären Läsionen zu einen.

Die unterschiedliche Verteilung der Meniskopathien zwischen den drei Studiengruppen (Gruppe I: n=4, Gruppe II: n=6, Gruppe III: n=7) war statistisch nicht signifikant ( $p=0,3867$ ). Die Behandlung von medialen Meniskusschäden erfolgte im Rahmen dieser Arbeit nur bei Hunden mit im MRT nachgewiesenen Meniskopathien mittels einer Miniarthrotomie ohne Luxation der Patella und partieller Meniskektomie. Dies könnte aufgrund von erhöhter Schmerzhaftigkeit einen Einfluss auf die postoperativen Messungen der Parameter gehabt haben. Eine Studie von CONZEMIUS et al. (2005) zeigte jedoch, dass die Behandlung einer Meniskopathie keinen Einfluss auf die postoperative Gliedmaßenfunktion und das postoperative Schmerzempfinden des Patienten hat. Dieser Aspekt sollte bei weiteren Untersuchungen beachtet werden und es sollte eine Uniformität im Studiendesign bezüglich der Durchführung einer Miniarthrotomie hergestellt sein.

Des Weiteren wurden die Halter der Studienpatienten angehalten, in der Zeit zwischen den einzelnen Messzeitpunkten zu Hause keine weitere Schmerztherapie oder andere physiotherapeutischen Übungen durchzuführen, dies ließ sich jedoch nicht kontrollieren. Auch hier könnte mit einer durchgehenden stationären Unterbringung und Überwachung durch geschultes Fachpersonal ein einheitlicheres Studiendesign erreicht werden.

Der Stellenwert der veterinärmedizinischen Rehabilitationsmedizin und der multimodalen und präventiven Schmerztherapie hat in letzter Zeit deutlich zugenommen und es besteht ein großes Interesse an Behandlungsmethoden und -möglichkeiten ohne nachteilige Auswirkungen auf den Patienten (KEHLET u. DAHL 1993). Die Kälte-Kompressionstherapie repräsentiert, wie durch die vorliegende Arbeit und bereits existierende Studien (REXING et al. 2010; DRYGAS et al. 2011) bestätigt, eine solche Behandlungsmethode.

Zusammenfassend wurde deutlich, dass das neue präoperativ angewandte Protokoll gute und mit dem etablierten postoperativen Protokoll vergleichbare Ergebnisse hinsichtlich der Rehabilitation und Genesung der Patienten liefert. Insgesamt ist die

Kälte-Kompressionstherapie eine schonende und einfach anzuwendende Methodik aus dem Bereich der Physiotherapie. Sie zeigt gute Ergebnisse im Hinblick auf die Einbringung in die multimodale Schmerztherapie und lässt sich personal-, zeit- und kostensparend in eine alltägliche tierklinische Umgebung integrieren.

## 7 Zusammenfassung

von Freeden, Niklas (2017):

### **Vergleich von zwei Protokollen der Kälte-Kompressionstherapie nach Tibial Plateau Leveling Osteotomy bei Hunden.**

Die Ruptur des kranialen Kreuzbandes des Hundes ist eine häufige Ursache für Lahmheiten der Hinterhand. Es besteht definitiv ein Rat zur chirurgischen Versorgung, wobei Maßnahmen aus dem Bereich der Physiotherapie eine adäquate Unterstützung zur schnelleren Rehabilitation des Hundes in der postoperativen Phase darstellen können.

Die Kälte-Kompressionstherapie bietet eine solche Therapieoption, welche einfach und effektiv in die postoperative Physiotherapie integriert werden. Ihre Wirkung beruht hierbei auf anti-inflammatorischen und analgetischen Effekten. Für diese Therapie sind bereits postoperative Behandlungsprotokolle etabliert, allerdings ist zum jetzigen Zeitpunkt keine Literatur zur präoperativen Anwendung dieser Methode vorhanden.

Die Hypothese dieser Arbeit bestand darin, dass eine einmalig prä- und postoperative Anwendung der Kälte-Kompressionstherapie gleiche Messergebnisse in schmerzrelevanten Parametern hervorbringt wie das bereits etablierte, ausschließlich postoperativ angewandte Protokoll. Hierfür wurden die Parameter Range of motion (ROM), Schmerzbeurteilung nach einer modifizierten Glasgow pain scale (GPS) und einer Visual analogue scale (VAS), die Schwellung des Kniegelenkes und der Lahmheitsgrad für einen Zeitraum von 42 Tagen post operationem bei 30 Kniegelenken von Hunden nach einer chirurgischen Versorgung der Ruptur des kranialen Kreuzbandes mittels Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO) untersucht. Die Einteilung der Hunde erfolgte in drei Studiengruppen: Gruppe I erhielt die Kälte-Kompressionstherapie einmalig unmittelbar vor der Operation und einmalig unmittelbar postoperativ. Gruppe II wurde viermalig in Intervallen von sechs Stunden mit dieser Therapie behandelt, beginnend unmittelbar post operationem. Gruppe III erhielt als Kontrollgruppe keine Kälte-Kompressionstherapie. Die Messungen der Parameter fand präoperativ, 24 Stunden postoperativ, 10 Tage und

42 Tage post operationem statt und wurden von einem einzigen, verblindeten Untersucher durchgeführt.

24 Stunden nach TPLO zeigte sich gegenüber der Kontrollgruppe eine statistisch signifikante Verbesserung der Parameter ROM und GPS in den beiden Gruppen, welche die Kälte-Kompressionstherapie erhielten (Gruppe I und II). 10 Tage post operationem war, im Vergleich mit der Kontrollgruppe, eine signifikante Verbesserung des Lahmheitsgrades in den Gruppen I und II zu beobachten. Nach 42 Tagen zeigte sich in beiden Gruppen mit Anwendung der Kälte-Kompressionstherapie eine signifikante Verbesserung der ROM gegenüber der Kontrollgruppe. Bei Gruppe II war zudem ein signifikant verbesserter Lahmheitsgrad und eine signifikante Reduzierung der GPS festzustellen.

Es gab in allen gemessenen Parametern zu keinem Messzeitpunkt einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen dem neuen Protokoll von Gruppe I und dem bereits etablierten Protokoll von Gruppe II.

Es konnte gezeigt werden, dass die prä- und postoperative Kälte-Kompressionstherapie bei Hunden nach TPLO zu einer Verbesserung von schmerzrelevanten Messparameter führt, lediglich 42 Tage nach der Operation erschien das bereits etablierte Protokoll gegenüber dem neuen Protokoll leicht überlegen. Durch seine einmalig prä- und postoperative Anwendung kann dieses neuartige Protokoll praktischer in seiner Benutzung in einer tierklinischen Umgebung sein.

## 8 Summary

von Freeden, Niklas (2017):

### **Comparison of two cold compression therapy protocols after tibial plateau leveling osteotomy in dogs.**

The rupture of the canine cranial cruciate ligament is a common cause of hindlimb lameness. It should be treated surgically and therefore postoperative physical therapy can be a useful instrument to support the rehabilitation in the postoperative period of the dog.

The cold compression therapy (CCT) can be well integrated in the phase of postoperative physical therapy and its effectiveness is based on anti-inflammatory and analgesic effects. There are established postoperative protocols of this treatment but to the authors knowledge there are no protocols of CCT applied preoperatively.

We hypothesized that a single pre- and postoperative application of CCT would show just as beneficial results in pain related parameters as the established protocol which is only used postoperatively.

For this study, we examined the pain related parameters range of motion (ROM), a modified Glasgow pain scale (GPS), a visual analogue scale (VAS), swelling of the stifle joint and degree of lameness for 42 days after Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO) in 30 cranial cruciate ligament (CrCL)-deficient stifles in dogs. The dogs were separated in three study groups: group I received CCT once immediately preoperatively and once immediately postoperatively. Group II received CCT four times in six-hour intervals postoperatively starting immediately after surgery. Group III received as a control group no CCT at all. The measurements were taken preoperatively, 24 hours postoperatively, 10 days postoperatively and 42 days postoperatively by a single blinded examiner.

24 hours after TPLO the parameters ROM and GPS improved statistically significant in both CCT groups compared to the control group. Ten days after surgery the only statistically significant improvement was found in the degree of lameness in both study groups (group I and II) compared to the control group. 42 days after surgery ROM improved significantly in both CCT groups whereby group II also showed

statistically significant improvement for the GPS and degree of lameness. There were no statistically significant differences between the novel protocol compared to the established one at all time points.

After 42 days the established protocol seemed slightly superior compared to the novel protocol. We showed that CCT can aid to reduce pain-related parameters if used once pre- and postoperatively after TPLO in dogs. This novel protocol may also be more suitable for practical use in a clinical surrounding.

## 9 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: ROM (Mittelwert $\pm$ SD) im Vergleich von Studiengruppen I und II mit der Kontrollgruppe (Gruppe III) zu allen Messzeitpunkten (* beschreibt statistisch signifikante Unterschiede der Gruppen I und II gegenüber der Kontrollgruppe zu einem bestimmten Messzeitpunkt; siehe Tabelle 1).....	34
Abbildung 2: GPS (Mittelwert $\pm$ SD) im Vergleich von Studiengruppen I und II mit der Kontrollgruppe (Gruppe III) zu allen Messzeitpunkten (* beschreibt statistisch signifikante Unterschiede der Gruppen I und II gegenüber der Kontrollgruppe zu einem bestimmten Messzeitpunkt; siehe Tabelle 1).....	34
Abbildung 3: Lahmheitsgrad (Mittelwert $\pm$ SD) im Vergleich von Studiengruppen I und II mit der Kontrollgruppe (Gruppe III) zu allen Messzeitpunkten (* beschreibt statistisch signifikante Unterschiede der Gruppen I und II gegenüber der Kontrollgruppe zu einem bestimmten Messzeitpunkt; siehe Tabelle 1).....	35
Abbildung 4: Kniegelenksumfang (in cm Mittelwert $\pm$ SD) im Vergleich von Studiengruppen I und II mit der Kontrollgruppe (Gruppe III) zu allen Messzeitpunkten. ....	37
Abbildung 5: VAS (Mittelwert $\pm$ SD) im Vergleich von Studiengruppen I und II mit der Kontrollgruppe (Gruppe III) zu allen Messzeitpunkten.....	37
Tabelle 1: Vergleich der Messparameter zwischen allen Studiengruppen zu allen Messzeitpunkten (* beschreibt statistisch signifikante Werte; <sup>1</sup> Lahmheitsgrad war in Gruppe II präoperativ signifikant höher und signifikant niedriger zum Messzeitpunkt 42 Tage post operationem).....	33
Tabelle 2: Vergleich aller Messparameter für jede Gruppe zwischen den evaluierten Messzeitpunkten (* beschreibt statistisch signifikante Werte). ....	36

## 10 Literaturverzeichnis

ADAMCZYK, G. (2002):

ACL – deficient knee.

Acta Clinica 2, Nr. 1, 11 - 16

ARNAULT, F., E. CAUVIN, E. VIGUIER, E. KRAFT, J. SONET u. C. CAROZZO (2009):

Diagnostic value of ultrasonography to assess stifle lesions in dogs after cranial cruciate ligament rupture: 13 cases.

Vet Comp Orthop Traumatol 22, 479-485

ARNOCZKY, S. P. u. J. L. MARSHALL (1977):

The cruciate ligaments of the canine stifle: An anatomical and functional analysis.

Am. J. Vet. Res. 38, Nr. 11, 1807 - 1814

BAIRD, D. K., J. T. HATHCOCK, S. A. KINCAID, P. F. RUMPH, J. KAMMERMANN, W. R. WIDMER, D. VISCO u. D. SWEET (1998):

Low-field magnetic resonance imaging of early subchondral cyst-like lesions in induced cranial cruciate ligament deficient dogs.

Vet Radiol Ultrasound 39, 167-173

BALLAGAS, A. J., R. D. MONTGOMERY, R. A. HENDERSON u. R. GILLETTE (2004):

Pre- and postoperative force plate analysis of dogs with experimentally transected cranial cruciate ligaments treated using tibial plateau leveling osteotomy.

Vet Surg 33, 187-190

BARNHART, M. D., K. MARITATO, K. SCHANKERELI, H. WOTTON u. S. NABER (2016):

Evaluation of an intra-articular synthetic ligament for treatment of cranial cruciate ligament disease in dogs: a six-month prospective clinical trial.

Vet Comp Orthop Traumatol 29, 491-498

BARRETT, E., F. BARR, M. OWEN u. K. BRADLEY (2009):

A retrospective study of the MRI findings in 18 dogs with stifle injuries.

J Small Anim Pract 50, 448-455

BENNETT, D. u. C. MAY (1991):

Meniscal damage associated with cruciate disease in the dog.

J Small Anim Pract 32, 111-117

BENNETT, D., B. TENNANT, D. G. LEWIS, J. BAUGHAN, C. MAY u. S. CARTER (1988):

A reappraisal of anterior cruciate ligament disease in the dog.

J Small Anim Pract 29, 275-297

BERGH, M. S. u. B. PEIRONE (2012):

Complications of tibial plateau levelling osteotomy in dogs.

Vet Comp Orthop Traumatol 25, 349-358



- BLOND, L., D. E. THRALL, S. C. ROE, N. CHAILLEUX u. I. D. ROBERTSON (2008):  
Diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging for meniscal tears in dogs affected with naturally occurring cranial cruciate ligament rupture.  
Vet Radiol Ultrasound 49, 425-431
- BONATH, K. H. u. W. D. PRIEUR (1998):  
Kleintierkrankheiten, Bd.3, orthopädische Chirurgie und Traumatologie.  
UTB, Stuttgart, 86-105
- BOETTCHER, P., P. WINKELS u. G. OECHTERING (2009):  
A novel pin distraction device for arthroscopic assessment of the medial meniscus in dogs.  
Vet Surg 38, 595-600
- BRUNNBERG, L. (1990):  
Clinical study of the aetiology and pathogenesis of rupture of the cranial cruciate ligament in dogs. III. Own investigations. / Klinische Untersuchungen zu Ätiologie und Pathogenese der Ruptur des Ligamentum cruciatum craniale beim Hund. 3. Mitteilung: Eigene Untersuchungen.  
Kleintierprax 35, 377-389
- CASE, J. B., D. HULSE, S. C. KERWIN u. L. E. PEYCKE (2008):  
Meniscal injury following initial cranial cruciate ligament stabilization surgery in 26 dogs (29 stifles).  
Vet Comp Orthop Traumatol 21, 365-367
- CHALLANDE-KATHMANN, I. (2009):  
Rehabilitation und Physiotherapie bei Hund und Katze.  
Schlütersche Verlag, pp. 4-34, 45-72, 75-86, 132-137
- CHALLANDE-KATHMANN, I. (2014):  
Physiotherapie beim Kreuzbandriss - Welche Maßnahmen sind sinnvoll?  
kleintier konkret 17, 3-10
- CHAUVET, A. E., A. L. JOHNSON, G. J. PIJANOWSKI, L. HOMCO u. R. D. SMITH (1996):  
Evaluation of fibular head transposition, lateral fabellar suture, and conservative treatment of cranial cruciate ligament rupture in large dogs: a retrospective study.  
J Am Anim Hosp Assoc 32, 247-255
- COBBOLD, A. F. u. O. J. LEWIS (1956):  
Blood flow to the knee joint of the dog; effect of heating, cooling and adrenaline.  
J Physiol 132, 379-383
- COMERFORD, E. J., K. SMITH u. K. HAYASHI (2011):  
Update on the aetiopathogenesis of canine cranial cruciate ligament disease.  
Vet Comp Orthop Traumatol 24, 91-98
- COMERFORD, E. J., J. F. TARLTON, N. C. AVERY, A. J. BAILEY u. J. F. INNES (2006):  
Distal femoral intercondylar notch dimensions and their relationship to composition and metabolism of the canine anterior cruciate ligament.  
Osteoarthritis Cartilage 14, 273-278

- CONZEMIUS, M. G., R. B. EVANS, M. F. BESANCON, W. J. GORDON, C. L. HORSTMAN, W. D. HOEFLE, M. A. NIEVES u. S. D. WAGNER (2005):  
Effect of surgical technique on limb function after surgery for rupture of the cranial cruciate ligament in dogs.  
J Am Vet Med Assoc 226, 232-236
- CONZEMIUS, M. G., C. M. HILL, J. L. SAMMARCO u. S. Z. PERKOWSKI (1997):  
Correlation between subjective and objective measures used to determine severity of postoperative pain in dogs.  
J Am Vet Med Assoc 210, 1619-1622
- COOK, J. L., J. K. LUTHER, J. BEETEM, J. KARNES u. C. R. COOK (2010):  
Clinical comparison of a novel extracapsular stabilization procedure and tibial plateau leveling osteotomy for treatment of cranial cruciate ligament deficiency in dogs.  
Vet Surg 39, 315-323
- DOOM, M., T. DE BRUIN, H. DE ROOSTER, H. VAN BREE u. E. COX (2008):  
Immunopathological mechanisms in dogs with rupture of the cranial cruciate ligament.  
Vet Immunol Immunopathol 125, 143-161
- DRYGAS, K. A., S. R. MCCLURE, R. L. GORING, A. POZZI, S. A. ROBERTSON u. C. WANG (2011):  
Effect of cold compression therapy on postoperative pain, swelling, range of motion, and lameness after tibial plateau leveling osteotomy in dogs.  
J Am Vet Med Assoc 238, 1284-1291
- DUERR, F. M., C. G. DUNCAN, R. S. SAVICKY, R. D. PARK, E. L. EGGER u. R. H. PALMER (2007):  
Risk factors for excessive tibial plateau angle in large-breed dogs with cranial cruciate ligament disease.  
J Am Vet Med Assoc 231, 1688-1691
- FITZPATRICK, N. u. M. A. SOLANO (2010):  
Predictive variables for complications after TPLO with stifle inspection by arthrotomy in 1000 consecutive dogs.  
Vet Surg 39, 460-474
- FRANKLIN, S. P., R. S. GILLEY u. R. H. PALMER (2010):  
Meniscal injury in dogs with cranial cruciate ligament rupture.  
Compend Contin Educ Vet 32, E1-10; quiz E11
- FUSS, F. K. (1991):  
The restraining function of the cruciate ligaments on hyperextension and hyperflexion of the human knee joint.  
Anat. Rec. 230, Nr. 2, 283 – 289
- GALINDO-ZAMORA, V., P. DZIALLAS, D. C. LUDWIG, I. NOLTE u. P. WEFSTAEDT (2013):  
Diagnostic accuracy of a short-duration 3 Tesla magnetic resonance protocol for diagnosing stifle joint lesions in dogs with non-traumatic cranial cruciate ligament rupture.  
BMC Vet Res 9, 40

- GRIERSON, J., L. ASHER u. K. GRAINGER (2011):  
An investigation into risk factors for bilateral canine cruciate ligament rupture.  
Vet Comp Orthop Traumatol 24, 192-196
- GRIFFON, D. J. (2010):  
A review of the pathogenesis of canine cranial cruciate ligament disease as a basis for future preventive strategies.  
Vet Surg 39, 399-410
- HARRIS, J. u. S. DHUPA (2007):  
Cryotherapy.  
Comp Cont Educ Pract 29, 632-635
- HEWITT, J. D., J. M. HARRELSON, Z. DAILIANA, F. GUILAK u. C. FINK (2005):  
The effect of intermittent pneumatic compression on fracture healing.  
J Orthop Trauma 19, 371-376
- HO, S. S., M. N. COEL, R. KAGAWA u. A. B. RICHARDSON (1994):  
The effects of ice on blood flow and bone metabolism in knees.  
Am J Sports Med 22, 537-540
- HOELZLER, M. G., R. C. HARVEY, D. A. LIDBETTER u. D. L. MILLIS (2005):  
Comparison of perioperative analgesic protocols for dogs undergoing tibial plateau leveling osteotomy.  
Vet Surg 34, 337-344
- HUDSON, J. T., M. R. SLATER, L. TAYLOR, H. M. SCOTT u. S. C. KERWIN (2004):  
Assessing repeatability and validity of a visual analogue scale questionnaire for use in assessing pain and lameness in dogs.  
Am J Vet Res 65, 1634-1643
- HULSE, D., B. BEALE u. S. KERWIN (2010):  
Second look arthroscopic findings after tibial plateau leveling osteotomy.  
Vet Surg 39, 350-354
- HULSE, D. u. P. SHIRES (1983):  
The Meniscus – Anatomy, Function, and Treatment.  
Comp Cont Educ Pract 5, 765-774
- HYTTIÄINEN, H. K., S. H. MOLSA, J. T. JUNNILA, O. M. LAITINEN-VAPAAVUORI u. A. K. HIELM-BJORKMAN (2013):  
Ranking of physiotherapeutic evaluation methods as outcome measures of stifle functionality in dogs.  
Acta Vet Scand 55, 29
- JAEGGER, G., D. J. MARCELLIN-LITTLE u. D. LEVINE (2002):  
Reliability of goniometry in Labrador Retrievers.  
Am J Vet Res 63, 979-986

JANDI, A. S. u. A. J. SCHULMAN (2007):

Incidence of motion loss of the stifle joint in dogs with naturally occurring cranial cruciate ligament rupture surgically treated with tibial plateau leveling osteotomy: longitudinal clinical study of 412 cases.

Vet Surg 36, 114-121

JERRAM, R. M. u. A. M. WALKER (2003):

Cranial cruciate ligament injury in the dog: pathophysiology, diagnosis and treatment.

N Z Vet J 51, 149-158

JOHNSON, J. M. u. A. L. JOHNSON (1993):

Cranial cruciate ligament rupture. Pathogenesis, diagnosis, and postoperative rehabilitation.

Vet Clin North Am Small Anim Pract 23, 717-733

KEHLET, H. u. J. B. DAHL (1993):

The value of "multimodal" or "balanced analgesia" in postoperative pain treatment.

Anesth Analg 77, 1048-1056

KNEBEL, J. u. A. MEYER-LINDENBERG (2014):

Aetiology, pathogenesis, diagnostics and therapy of cranial cruciate ligament rupture in dogs. / Ätiologie, Pathogenese, Diagnostik und Therapie der Rupter des kranialen Kreuzbandes beim Hund.

Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere 42, 36-47

KORVICK, D. L., G. J. PIJANOWSKI u. D. J. SCHAEFFER (1994):

Three-dimensional kinematics of the intact and cranial cruciate ligament-deficient stifle of dogs.

J Biomech 27, 77-87

KOYONOS, L., K. OWSLEY, E. VOLLMER, O. LIMPISVASTI u. R. GAMBARDELLA (2014):

Preoperative cryotherapy use in anterior cruciate ligament reconstruction.

J Knee Surg 27, 479-484

KRAMER, M., M. GERWING, V. HACH u. E. SCHIMKE (1997):

Sonography of the musculoskeletal system in dogs and cats.

Vet Radiol Ultrasound 38, 139-149

KRAMER, M., H. STENGEL, M. GERWING, E. SCHIMKE u. C. SHEPPARD (1999):

Sonography of the canine stifle.

Vet Radiol Ultrasound 40, 282-293

LOWITZSCH, K., H. C. HOPF u. J. GALLAND (1977):

Changes of sensory conduction velocity and refractory periods with decreasing tissue temperature in man.

J Neurol 216, 181-188

MAHN, M. M., J. L. COOK, C. R. COOK u. M. T. BALKE (2005):

Arthroscopic verification of ultrasonographic diagnosis of meniscal pathology in dogs.

Vet Surg 34, 318-323

- MARSOLAIS, G. S., G. DVORAK u. M. G. CONZEMIUS (2002):  
Effects of postoperative rehabilitation on limb function after cranial cruciate ligament repair in dogs.  
J Am Vet Med Assoc 220, 1325-1330
- MARTIN, S. S., K. P. SPINDLER, J. W. TARTER, K. DETWILER u. H. A. PETERSEN (2001):  
Cryotherapy: an effective modality for decreasing intraarticular temperature after knee arthroscopy.  
Am J Sports Med 29, 288-291
- MILLIS, D. u. D. LEVINE (2014):  
Canine rehabilitation and physical therapy.  
Elsevier Health Sciences, 543-582
- MILLIS, D. L. (2004):  
Getting the dog moving after surgery.  
J Am Anim Hosp Assoc 40, 429-436
- MILLIS, D. L. u. I. A. CIUPERCA (2015):  
Evidence for canine rehabilitation and physical therapy.  
Vet Clin North Am Small Anim Pract 45, 1-27
- MONK, M. L., C. A. PRESTON u. C. M. MCGOWAN (2006):  
Effects of early intensive postoperative physiotherapy on limb function after tibial plateau leveling osteotomy in dogs with deficiency of the cranial cruciate ligament.  
Am J Vet Res 67, 529-536
- MOORE, K. W. u. R. A. READ (1995):  
Cranial cruciate ligament rupture in the dog--a retrospective study comparing surgical techniques.  
Aust Vet J 72, 281-285
- NICKEL, R., A. SCHUMMER u. E. SEIFERLE (1990):  
Lehrbuch der Anatomie der Haustiere.  
Verlag Parey, Stuttgart, Bd 1, Bewegungsapparat, pp. 97-118, 215-267
- NIEBAUER, G. W. u. E. J. MENZEL (1982):  
Immunological changes in canine cruciate ligament rupture.  
Res Vet Sci 32, 235-241
- OHKOSHI, Y., M. OHKOSHI, S. NAGASAKI, A. ONO, T. HASHIMOTO u. S. YAMANE (1999):  
The effect of cryotherapy on intraarticular temperature and postoperative care after anterior cruciate ligament reconstruction.  
Am J Sports Med 27, 357-362
- OLMSTEAD, M. L. (1993):  
The use of orthopedic wire as a lateral suture for stifle stabilization.  
Vet Clin North Am Small Anim Pract 23, 735-753

OLSON, J. E. u. V. D. STRAVINO (1972):

A review of cryotherapy.

Phys Ther 52, 840-853

PARK, S. H. u. M. SILVA (2003):

Effect of intermittent pneumatic soft-tissue compression on fracture-healing in an animal model.

J Bone Joint Surg Am 85-a, 1446-1453

POND, M. J. u. J. R. CAMPBELL (1972):

The canine stifle joint. I. Rupture of the anterior cruciate ligament. An assessment of conservative and surgical treatment.

J Small Anim Pract 13, 1-10

PRIDDY, N. H., II, J. L. TOMLINSON, J. R. DODAM u. J. E. HORNBOSTEL (2003):

Complications with and owner assessment of the outcome of tibial plateau leveling osteotomy for treatment of cranial cruciate ligament rupture in dogs: 193 cases (1997–2001).

J Am Vet Med Assoc 222, 1726-1732

RALPHS, S. C. u. W. O. WHITNEY (2002):

Arthroscopic evaluation of menisci in dogs with cranial cruciate ligament injuries: 100 cases (1999-2000).

J Am Vet Med Assoc 221, 1601-1604

REXING, J., D. DUNNING, A. M. SIEGEL, K. KNAP u. B. WERBE (2010):

Effects of cold compression, bandaging, and microcurrent electrical therapy after cranial cruciate ligament repair in dogs.

Vet Surg 39, 54-58

SALOMON, F.-V., H. GEYER u. U. GILLE (2008):

Anatomie für die Tiermedizin.

Enke, 37-146

SCAVELLI, T. D., S. C. SCHRADER, D. T. MATTHIESEN u. D. E. SKORUP (1990):

Partial rupture of the cranial cruciate ligament of the stifle in dogs: 25 cases (1982-1988).

J Am Vet Med Assoc 196, 1135-1138

SCHMERBACH, K. I., C. K. M. BOELTZIG, U. REIF, J. C. WIESER, T. KELLER u. V. GREVEL (2007):

In vitro comparison of tibial plateau leveling osteotomy with and without use of a tibial plateau leveling jig.

Vet Surg 36, 156-163

SCHROEDER, D. u. H. H. PAESSLER (1994):

Combination of cold and compression after knee surgery. A prospective randomized study.

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2, 158-165

SLOCUM, B. u. T. DEVINE (1983):

Cranial tibial thrust: a primary force in the canine stifle.

J Am Vet Med Assoc 183, 456-459

- SLOCUM, B. u. T. D. SLOCUM (1993):  
Tibial plateau leveling osteotomy for repair of cranial cruciate ligament rupture in the canine.  
Vet Clin North Am Small Anim Pract 23, 777-795
- SMITH, G. N., E. A. MICKLER, M. E. ALBRECHT, S. L. MYERS u. K. D. BRANDT (2002):  
Severity of medial meniscus damage in the canine knee after anterior cruciate ligament transection.  
Osteoarthritis Cartilage 10, 321-326
- SMITH, G. K. u. J. S. TORG (1985):  
Fibular head transposition for repair of cruciate-deficient stifle in the dog.  
J Am Vet Med Assoc 187, 375-383
- STAUFFER, K. D., T. A. TUTTLE, A. D. ELKINS, A. P. WEHRENBURG u. B. J. CHARACTER (2006):  
Complications associated with 696 tibial plateau leveling osteotomies (2001-2003).  
J Am Anim Hosp Assoc 42, 44-50
- STONE, E. A., C. W. BETTS u. R. L. RUDY (1980):  
Folding of the Caudal Horn of the Medial Meniscus Secondary to Severence of the Cranial Cruciate Ligament.  
Vet Surg 9, 121-124
- TASHMAN, S., W. ANDERST, P. KOLOWICH, S. HAVSTAD u. S. ARNOCZKY (2004):  
Kinematics of the ACL-deficient canine knee during gait: serial changes over two years.  
J Orthop Res 22, 931-941
- TIVERS, M. S., P. MAHONEY u. S. A. CORR (2008):  
Canine stifle positive contrast computed tomography arthrography for assessment of caudal horn meniscal injury: a cadaver study.  
Vet Surg 37, 269-277
- TOBIAS, K. M. u. S. A. JOHNSTON (2012):  
Veterinary surgery small animal.  
Elsevier, 906-998
- VASSEUR, P. B., J. J. RODRIGO, S. STEVENSON, G. CLARK u. N. SHARKEY (1987):  
Replacement of the anterior cruciate ligament with a bone-ligament-bone anterior cruciate ligament allograft in dogs.  
Clin Orthop Relat Res 268-277
- WILKE, V. L., S. ZHANG, R. B. EVANS, M. G. CONZEMIUS u. M. F. ROTHSCHILD (2009):  
Identification of chromosomal regions associated with cranial cruciate ligament rupture in a population of Newfoundlands.  
Am J Vet Res 70, 1013-1017
- WITSBERGER, T. H., J. A. VILLAMIL, L. G. SCHULTZ, A. W. HAHN u. J. L. COOK (2008):  
Prevalence of and risk factors for hip dysplasia and cranial cruciate ligament deficiency in dogs.  
J Am Vet Med Assoc 232, 1818-1824

WUCHERER, K. L., M. G. CONZEMIUS, R. EVANS u. V. L. WILKE (2013):  
Short-term and long-term outcomes for overweight dogs with cranial cruciate ligament rupture treated surgically or nonsurgically.  
J Am Vet Med Assoc 242, 1364-1372

YENARI, M. A. u. H. S. HAN (2006):  
Influence of hypothermia on post-ischemic inflammation: role of nuclear factor kappa B (NFkappaB).  
Neurochem Int 49, 164-169

ZAHM, H. (1964):  
Die Ligamenta decussata im gesunden und arthrotischen Kniegelenk des Hundes.  
München, Tierärztl. F., Diss.



## Anhang

**Tabelle 1: Rohdaten der Messungen aller Messparameter zum Messzeitpunkt 1 von Gruppe I**

Group : gibt die Studiengruppe an (in diesem Fall Gruppe I)

ID : Name des Patientenbesitzers

MZP\_1 : Messzeitpunkt 1 (= präoperativ)

VAS : Visual analogue scale

GPS : modifizierte Glasgow pain scale

Group	ID	Flexion in ° MZP_1	Extension in ° MZP_1	Knieumfang in cm MZP_1	Lahmheitsgrad MZP_1	VAS in cm MZP_1	GPS MZP_1
Prä OP	<i>Delgado</i>	62	128	26.5	2	2	2
Prä OP	<i>Henke</i>	68	132	41.5	2	1	1
Prä OP	<i>Badziong</i>	60	128	29.8	1	1	7
Prä OP	<i>Terjung</i>	64	148	25	1	1	3
Prä OP	<i>Wagner</i>	65	144	27	1	3	6
Prä OP	<i>Schubert</i>	60	118	32.3	1	1	4
Prä OP	<i>Stemmer 2</i>	68	130	33.5	2	3	3
Prä OP	<i>Evers</i>	88	140	28.4	2	2	3
Prä OP	<i>Weigand</i>	67	118	31.5	3	3	2
Prä OP	<i>Diekmann</i>	68	128	32	1	1	2

**Tabelle 2: Rohdaten der Messungen aller Messparameter zum Messzeitpunkt 2 von Gruppe I**

Group : gibt die Studiengruppe an (in diesem Fall Gruppe I)

ID : Name des Patientenbesitzers

MZP\_2 : Messzeitpunkt 2 (= 24 Stunden post operationem)

VAS : Visual analogue scale

GPS : modifizierte Glasgow pain scale

Group	ID	Flexion in ° MZP_2	Extension in ° MZP_2	Knieumfang in cm MZP_2	Lahmheitsgrad MZP_2	VAS in cm MZP_2	GPS MZP_2
Prä OP	<i>Delgado</i>	64	135	28	4	3	2
Prä OP	<i>Henke</i>	60	140	43	2	2	1
Prä OP	<i>Badziong</i>	55	138	31	1	1	1
Prä OP	<i>Terjung</i>	64	140	29.8	0	3	6
Prä OP	<i>Wagner</i>	66	138	30.4	1	3	2
Prä OP	<i>Schubert</i>	58	122	33.5	2	3	3
Prä OP	<i>Stemmer 2</i>	52	130	33.5	2	2	2
Prä OP	<i>Evers</i>	59	146	33.2	1	2	2
Prä OP	<i>Weigand</i>	54	152	33.4	1	1	1
Prä OP	<i>Diekmann</i>	64	138	38	0	1	1

**Tabelle 3: Rohdaten der Messungen aller Messparameter zum Messzeitpunkt 3 von Gruppe I**

- Group : gibt die Studiengruppe an (in diesem Fall Gruppe I)  
 ID : Name des Patientenbesitzers  
 MZP\_3 : Messzeitpunkt 3 (= 10 Tage post operationem)  
 VAS : Visual analogue scale  
 GPS : modifizierte Glasgow pain scale

Group	ID	Flexion in ° MZP_3	Extension in ° MZP_3	Knieumfang in cm MZP_3	Lahmheitsgrad MZP_3	VAS in cm MZP_3	GPS MZP_3
Prä OP	<i>Delgado</i>	55	139	27.5	1	1	1
Prä OP	<i>Henke</i>	55	145	38.3	1	1	1
Prä OP	<i>Badziong</i>	58	148	30.5	1	1	2
Prä OP	<i>Terjung</i>	54	146	28.5	0	1	0
Prä OP	<i>Wagner</i>	58	148	29.5	0	0	0
Prä OP	<i>Schubert</i>	54	145	32.5	1	0	0
Prä OP	<i>Stemmer 2</i>	50	147	32.5	0	0	0
Prä OP	<i>Evers</i>	54	152	28	1	1	1
Prä OP	<i>Weigand</i>	50	158	31.2	0	0	0
Prä OP	<i>Diekmann</i>	61	142	32	1	1	1

**Tabelle 4: Rohdaten der Messungen aller Messparameter zum Messzeitpunkt 4 von Gruppe I**

- Group : gibt die Studiengruppe an (in diesem Fall Gruppe I)  
 ID : Name des Patientenbesitzers  
 MZP\_4 : Messzeitpunkt 4 (= 42 Tage post operationem)  
 VAS : Visual analogue scale  
 GPS : modifizierte Glasgow pain scale

Group	ID	Flexion in ° MZP_4	Extension in ° MZP_4	Knieumfang in cm MZP_4	Lahmheitsgrad MZP_4	VAS in cm MZP_4	GPS MZP_4
Prä OP	<i>Delgado</i>	42	152	25	0	0	0
Prä OP	<i>Henke</i>	53	160	38	0	0	0
Prä OP	<i>Badziong</i>	30	168	28	0	0	0
Prä OP	<i>Terjung</i>	35	168	24.5	0	0	0
Prä OP	<i>Wagner</i>	44	165	29	0	0	0
Prä OP	<i>Schubert</i>	41	152	29	1	0	1
Prä OP	<i>Stemmer 2</i>	36	160	27.5	0	0	0
Prä OP	<i>Evers</i>	36	152	25.5	0	0	0
Prä OP	<i>Weigand</i>	40	162	31	0	0	0
Prä OP	<i>Diekmann</i>	48	150	31	0	1	0

**Tabelle 5: Rohdaten der Messungen aller Messparameter zum Messzeitpunkt 1 von Gruppe II**

- Group : gibt die Studiengruppe an (in diesem Fall Gruppe II)  
 ID : Name des Patientenbesitzers  
 MZP\_1 : Messzeitpunkt 1 (= präoperativ)  
 VAS : Visual analogue scale  
 GPS : modifizierte Glasgow pain scale

Group	ID	Flexion in ° MZP_1	Extension in ° MZP_1	Knieumfang in cm MZP_1	Lahmheitsgrad MZP_1	VAS in cm MZP_1	GPS MZP_1
Post OP	<i>Maierhofer</i>	98	162	35.5	1	2	3
Post OP	<i>Bocherding 1</i>	58	125	35	2	3	1
Post OP	<i>Brandes</i>	66	142	26.4	2	1	1
Post OP	<i>Schäfferling</i>	86	125	35.3	2	3	7
Post OP	<i>Bocherding 2</i>	72	132	30	2	3	3
Post OP	<i>Brockers</i>	57	136	29.5	2	2	9
Post OP	<i>Uphoff</i>	70	142	32.5	1	1	2
Post OP	<i>Pape 2</i>	67	132	31	4	3	7
Post OP	<i>Muja</i>	86	120	33	3	5	6
Post OP	<i>Saptschak</i>	48	143	27.3	3	1	3

**Tabelle 6: Rohdaten der Messungen aller Messparameter zum Messzeitpunkt 2 von Gruppe II**

- Group : gibt die Studiengruppe an (in diesem Fall Gruppe II)  
 ID : Name des Patientenbesitzers  
 MZP\_2 : Messzeitpunkt 2 (= 24 Stunden post operationem)  
 VAS : Visual analogue scale  
 GPS : modifizierte Glasgow pain scale

Group	ID	Flexion in ° MZP_2	Extension in ° MZP_2	Knieumfang in cm MZP_2	Lahmheitsgrad MZP_2	VAS in cm MZP_2	GPS MZP_2
Post OP	Maierhofer	72	128	38.5	1	3	4
Post OP	Bocherding 1	60	130	35	1	1	0
Post OP	Brandes	88	131	31.5	2	3	3
Post OP	Schäfferling	80	106	39.5	2	4	3
Post OP	Bocherding 2	60	135	32	1	2	2
Post OP	Brockers	62	114	35	2	2	2
Post OP	Uphoff	52	148	32	1	1	1
Post OP	Pape 2	62	156	31.5	2	1	2
Post OP	Muja	59	130	32	2	4	3
Post OP	Saptschak	46	145	27.2	1	2	2

**Tabelle 7: Rohdaten der Messungen aller Messparameter zum Messzeitpunkt 3 von Gruppe II**

- Group : gibt die Studiengruppe an (in diesem Fall Gruppe II)
- ID : Name des Patientenbesitzers
- MZP\_3 : Messzeitpunkt 3 (= 10 Tage post operationem)
- VAS : Visual analogue scale
- GPS : modifizierte Glasgow pain scale

Group	ID	Flexion in ° MZP_3	Extension in ° MZP_3	Knieumfang in cm MZP_3	Lahmheitsgrad MZP_3	VAS in cm MZP_3	GPS MZP_3
Post OP	<i>Maierhofer</i>	55	145	34	1	0	1
Post OP	<i>Bocherding 1</i>	72	142	33	1	1	4
Post OP	<i>Brandes</i>	75	145	28.3	0	1	1
Post OP	<i>Schäfferling</i>	70	122	36.4	1	1	5
Post OP	<i>Bocherding 2</i>	64	129	29.8	1	2	2
Post OP	<i>Brockers</i>	50	135	32	0	2	1
Post OP	<i>Uphoff</i>	49	150	31	1	0	1
Post OP	<i>Pape 2</i>	51	149	33.7	1	2	0
Post OP	<i>Muja</i>	48	146	30.5	0	0	0
Post OP	<i>Saptschak</i>	38	154	27	0	0	0

**Tabelle 8: Rohdaten der Messungen aller Messparameter zum Messzeitpunkt 4 von Gruppe II**

- Group : gibt die Studiengruppe an (in diesem Fall Gruppe II)  
 ID : Name des Patientenbesitzers  
 MZP\_4 : Messzeitpunkt 4 (= 42 Tage post operationem)  
 VAS : Visual analogue scale  
 GPS : modifizierte Glasgow pain scale

Group	ID	Flexion in ° MZP_4	Extension in ° MZP_4	Knieumfang in cm MZP_4	Lahmheitsgrad MZP_4	VAS in cm MZP_4	GPS MZP_4
Post OP	<i>Maierhofer</i>	50	168	33	0	0	0
Post OP	<i>Bocherding 1</i>	53	143	32	0	0	0
Post OP	<i>Brandes</i>	50	148	25.9	0	0	0
Post OP	<i>Schäfferling</i>	40	138	33.5	0	0	0
Post OP	<i>Bocherding 2</i>	38	172	28	0	0	0
Post OP	<i>Brockers</i>	40	146	31	0	0	0
Post OP	<i>Uphoff</i>	45	158	28.5	0	0	0
Post OP	<i>Pape 2</i>	50	158	31.2	0	0	0
Post OP	<i>Muja</i>	39	158	29.7	0	0	0
Post OP	<i>Saptschak</i>	37	155	27	0	0	0



**Tabelle 9: Rohdaten der Messungen aller Messparameter zum Messzeitpunkt 1 von Gruppe III**

Group : gibt die Studiengruppe an (in diesem Fall Gruppe III)

ID : Name des Patientenbesitzers

MZP\_1 : Messzeitpunkt 1 (= präoperativ)

VAS : Visual analogue scale

GPS : modifizierte Glasgow pain scale

Group	ID	Flexion in ° MZP_1	Extension in ° MZP_1	Knieumfang in cm MZP_1	Lahmheitsgrad MZP_1	VAS in cm MZP_1	GPS MZP_1
Kontrolle	<i>Rothe</i>	40	122	29.5	1	0	5
Kontrolle	<i>Stemmer 1</i>	66	124	31	2	3	6
Kontrolle	<i>Pape 1</i>	58	120	33	2	3	1
Kontrolle	<i>Krantz</i>	65	130	30	1	1	3
Kontrolle	<i>Liebelt</i>	60	139	28.5	1	2	2
Kontrolle	<i>Dißmann</i>	53	141	25.5	2	3	6
Kontrolle	<i>Graue</i>	86	141	32.8	1	3	2
Kontrolle	<i>Köchy</i>	46	138	41	1	1	1
Kontrolle	<i>Schemionek</i>	42	155	27.6	1	2	1
Kontrolle	<i>Arslan</i>	72	148	27.5	2	3	1

**Tabelle 10: Rohdaten der Messungen aller Messparameter zum Messzeitpunkt 2 von Gruppe III**

- Group : gibt die Studiengruppe an (in diesem Fall Gruppe III)  
 ID : Name des Patientenbesitzers  
 MZP\_2 : Messzeitpunkt 2 (= 24 Stunden post operationem)  
 VAS : Visual analogue scale  
 GPS : modifizierte Glasgow pain scale

Group	ID	Flexion in ° MZP_2	Extension in ° MZP_2	Knieumfang in cm MZP_2	Lahmheitsgrad MZP_2	VAS in cm MZP_2	GPS MZP_2
Kontrolle	<i>Rothe</i>	46	112	33	2	3	4
Kontrolle	<i>Stemmer 1</i>	70	110	34.2	2	3	3
Kontrolle	<i>Pape 1</i>	70	122	37	2	2	2
Kontrolle	<i>Krantz</i>	70	112	33	1	2	3
Kontrolle	<i>Liebelt</i>	72	110	31.5	2	3	3
Kontrolle	<i>Dißmann</i>	88	110	31.3	2	4	5
Kontrolle	<i>Graue</i>	118	141	35.6	2	3	4
Kontrolle	<i>Köchy</i>	71	108	46	2	3	4
Kontrolle	<i>Schemionek</i>	74	122	36	3	4	6
Kontrolle	<i>Arslan</i>	77	144	32.3	2	2	2

**Tabelle 11: Rohdaten der Messungen aller Messparameter zum Messzeitpunkt 3 von Gruppe III**

- Group : gibt die Studiengruppe an (in diesem Fall Gruppe III)  
 ID : Name des Patientenbesitzers  
 MZP\_3 : Messzeitpunkt 3 (= 10 Tage post operationem)  
 VAS : Visual analogue scale  
 GPS : modifizierte Glasgow pain scale

Group	ID	Flexion in ° MZP_3	Extension in ° MZP_3	Knieumfang in cm MZP_3	Lahmheitsgrad MZP_3	VAS in cm MZP_3	GPS MZP_3
Kontrolle	<i>Rothe</i>	42	133	30	1	1	1
Kontrolle	<i>Stemmer 1</i>	62	135	31.5	1	1	2
Kontrolle	<i>Pape 1</i>	31	138	32.2	1	1	1
Kontrolle	<i>Krantz</i>	78	156	29.8	1	1	1
Kontrolle	<i>Liebelt</i>	56	137	31.8	2	4	6
Kontrolle	<i>Dißmann</i>	50	140	27.5	2	1	1
Kontrolle	<i>Graue</i>	71	132	34.5	1	1	1
Kontrolle	<i>Köchy</i>	61	128	43.3	2	2	1
Kontrolle	<i>Schemionek</i>	58	143	35.5	1	0	1
Kontrolle	<i>Arslan</i>	60	127	31.5	2	2	1

**Tabelle 12: Rohdaten der Messungen aller Messparameter zum Messzeitpunkt 4 von Gruppe III**

- Group : gibt die Studiengruppe an (in diesem Fall Gruppe III)
- ID : Name des Patientenbesitzers
- MZP\_4 : Messzeitpunkt 4 (= 42 Tage post operationem)
- VAS : Visual analogue scale
- GPS : modifizierte Glasgow pain scale

Group	ID	Flexion in ° MZP_4	Extension in ° MZP_4	Knieumfang in cm MZP_4	Lahmheitsgrad MZP_4	VAS in cm MZP_4	GPS MZP_4
Kontrolle	<i>Rothe</i>	46	126	31.5	1	0	1
Kontrolle	<i>Stemmer 1</i>	51	141	31	0	0	0
Kontrolle	<i>Pape 1</i>	60	128	34.3	0	0	0
Kontrolle	<i>Krantz</i>	71	142	31	0	0	0
Kontrolle	<i>Liebelt</i>	64	151	33.5	2	3	1
Kontrolle	<i>Dißmann</i>	50	150	26.5	0	0	0
Kontrolle	<i>Graue</i>	72	141	31.5	0	0	0
Kontrolle	<i>Köchy</i>	57	134	45.7	1	0	1
Kontrolle	<i>Schemionek</i>	55	152	34.5	0	0	0
Kontrolle	<i>Arslan</i>	65	150	29.5	1	1	1

## **Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Fehr für das Überlassen des interessanten Dissertationsthemas und die freundliche und engagierte Betreuung bei dem Anfertigen dieser Arbeit. Ebenfalls möchte ich Frau Prof. Dr. Christiane Pfarrer herzlich für Ihre wissenschaftliche Unterstützung danken.

Ich danke Herrn Dr. Oliver Harms für seine wissenschaftliche und persönliche Betreuung, seine kompetente Hilfestellung bei der klinischen Durchführung und Betreuung der Patienten sowie für sein mir entgegengebrachtes Vertrauen.

Auch möchte ich mich ausdrücklich bei Frau Cornelia Mandel bedanken, für Ihre tatkräftige Unterstützung während der Messungen und als wichtiger Teil dieser Studie.

Zusätzlich möchte ich mich bei Herrn Dr. Christian Diekmann bedanken, für seine Hilfe bei den praktischen Abschnitten meiner Dissertation, seine mentale Unterstützung in jeglichen Situationen und die wunderschöne Zeit während unserer Doktorandentätigkeit.

Auch meinen Kollegen aus dem Doktorandenzimmer gilt mein persönlicher Dank für die gegenseitige Unterstützung, den regen Austausch im tiermedizinischen sowie dem technischen Bereich sowie den unzähligen zusammen getrunkenen Kaffeetassen. Mit Euch war die Zeit der Dissertation äußerst angenehm, sei es mit interessanten Themen aus dem Bereich der Bildzeitung oder persönlicher Anekdoten. Ich wünsche Euch auf Eurem weiteren Weg nur das Beste und hoffe auf ein baldiges Wiedersehen.

Mein ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern, Gabriela und Achim von Freeden, welche mich fortwährend unterstützt haben, sei es persönlich oder finanziell, die immer an mich geglaubt haben und in allen Belangen hinter mir standen. Vielen Dank.

Zu guter Letzt möchte ich meiner Partnerin Vanessa danken, für Ihre Unterstützung zu Hause, die Ermutigung in schwierigen Zeiten und die vielen lieben, aufmunternden Worte.

Ohne die Unterstützung durch Euch alle wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

## Erklärung

Hiermit erkläre ich, Niklas von Freeden, geb. 23.11.1989, dass ich die Dissertation mit dem Titel „Vergleich von zwei Protokollen der Kälte-Kompressionstherapie nach Tibial Plateau Leveling Osteotomy bei Hunden.“ selbstständig durchgeführt habe. Bei der Anfertigung wurden folgende Hilfen Dritter in Anspruch genommen:

- Korrektur und wissenschaftliche Betreuung: Prof. Dr. Michael Fehr, Dr. Oliver Harms
- Statistische Betreuung: Dr. Karl Rohn

Ich habe keine entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungsdiensten (Promotionsberater oder anderer Personen) in Anspruch genommen. Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar entgeltliche Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen.

Ich habe die Dissertation an der Klinik für Kleintiere, Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover angefertigt.

Die Dissertation wurde bisher nicht für eine Prüfung oder Promotion oder für einen ähnlichen Zweck zur Beurteilung eingereicht.

Ich versichere, dass ich die vorstehenden Angaben nach bestem Wissen vollständig und der Wahrheit entsprechend gemacht habe.

Hannover, den 13.01.2017

Niklas von Freeden