

Chirurgisches Zentrum für Kleintiere Dr. Lorinson<sup>1</sup>, Tierarztpraxis Mag. Maria Winkler<sup>2</sup> und Institut für Bioinformatik und Biostatistik<sup>3</sup> der Veterinärmedizinischen Universität Wien

# Radiologische Evaluierung der prä- und postoperativen Patellahöhe bei TPLO und TTA Patienten

K. Lorinson\*<sup>1</sup>, M. Winkler<sup>2</sup>, A. Tichy<sup>3</sup> und D. Lorinson<sup>1</sup>

Eingelangt am 13. Juni 2021

Angenommen am 1. Jänner 2022

Veröffentlicht am 26. April 2022

**Schlüsselwörter:** Patellahöhe, Hund, Blackburne-Peel Index, Insall-Salvati Index, Tibiaplateau-Patella Winkel, Radiologie.

**Keywords:** patellar height, dog, Blackburne-Peel index, Insall-Salvati index, tibial plateau-patella angle, radiology.

## Zusammenfassung

Proximodistale Lagerungsveränderungen der Patella und ihre Auswirkungen auf die gesamte Kniegelenkdynamik und die Kniegelenkspathologie sowie der Einfluss von Korrekturosteotomien auf die Patellahöhe sind beim Hund wenig bekannt. Ziel dieser Arbeit war die Evaluierung, ob TPLO und / oder TTA eine proximodistale Lageveränderung der Patella zu den übrigen am Kniegelenk beteiligten Knochen hervorrufen.

An prä- und postoperativen Röntgenbildern von 78 Hunden verschiedener Rassen, die aufgrund eines kranialen Kreuzbandrisses ohne Patellaproblematik einer TPLO oder TTA unterzogen worden waren, wurden drei verschiedene Messmethoden (Insall-Salvati Index, Blackburne-Peel Index, Tibiaplateau-Patella Winkel) zur Bestimmung der Patellahöhe angewendet.

Die prä- und postoperativen Messergebnisse waren bei allen drei Messmethoden signifikant unterschiedlich. Der Blackburne-Peel Index nahm nach der TPLO bei 92 % der Hunde zu und nach der TTA bei 87 % der Hunde ab. Der Insall-Salvati Index nahm bei 89 % der TPLO Hunde und 71 % der TTA Hunde postoperativ ab. Die Ergebnisse der beiden Indexmessungen wiesen signifikante Korrelationen (bei TPLO prä- und postoperativ, bei TTA nur präoperativ) zueinander auf. Der Tibiaplateau-Patella Winkel nahm nach der TPLO bei 89 % der Hunde zu und nach der TTA bei 92 % der Hunde ab. Die Ergebnisse dieser Winkelmessung korrelierten unterschiedlich mit den Indexmessungen. Tendenziell wiesen die großen Hunde höhere Indizes und Winkelmessergebnisse auf als die kleinen Hunde.

Zusammenfassend konnten die durchgeführten Index- und Winkelmessungen bestätigen, dass TPLO

## Summary

### Introduction

Proximodistal positional changes of the patella influence the patellar luxation complex. This study focuses on proximodistal positional changes of the patella associated with TPLO and TTA as corrective osteotomies in dogs with cranial cruciate ligament rupture. We evaluate possible alterations of patellar height after TPLO or TTA.

### Materials and Methods

We evaluated pre- and postoperative mediolateral stifle radiographs of 78 client-owned dogs undergoing TPLO or TTA surgery due to a cranial cruciate ligament rupture without patellar disease using the Blackburne-Peel index (BPI), the Insall-Salvati index (ISI) and the tibial plateau-patellar angle (TPPA) to measure patellar height. We evaluated measurements based on the range of *patella norma* defined in recent veterinary literature.

### Results

Pre- and postoperative measurements of BPI, ISI and TPPA differed significantly in TPLO and TTA dogs. BPI increased after TPLO in 92 % of the dogs, showing a tendency towards *patella alta* in 39 % of the dogs. BPI decreased in 87 % of the TTA dogs, resulting in *patella baja* in five dogs (13 %). ISI decreased after TPLO in 89 % and after TTA in 71 % of the dogs, revealing a postoperative *patella baja* in five (13 %) TPLO and ten (26 %) TTA dogs. BPI and ISI measurements correlated significantly pre- and postoperatively in TPLO and preoperatively in TTA patients. TPPA increased after TPLO in 89 % but decreased after TTA in 92 % of the

\*E-Mail: ordination@vet-lorinson.com

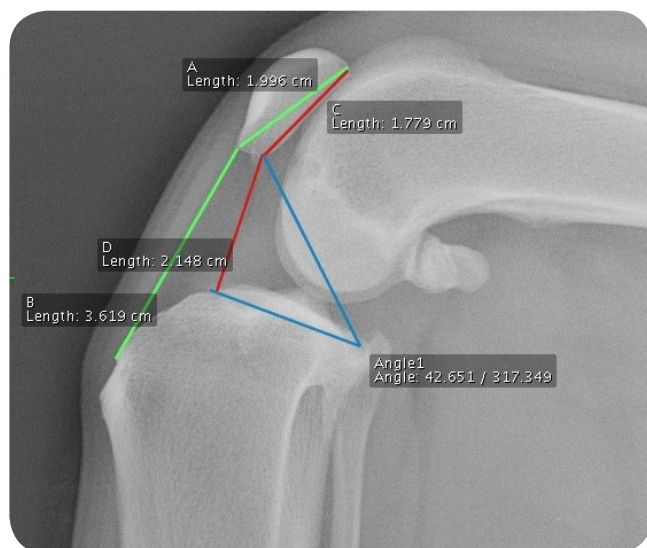
und TTA Operationen beim Hund die proximodistale Patellahöhe verändern können. Bei Vergleichs- oder Wiederholungsmessungen sollte dieselbe Messmethode verwendet werden.

**Abkürzungen:** BPI = Blackburne-Peel Index; GLM = general linear model; ISI = Insall-Salvati Index; N = Anzahl der Patienten; postOP = postoperativ; präOP = präoperativ; SD = Standardabweichung; TPLO = Tibial Plateau Leveling Osteotomy; TPPA = Tibiplateau-Patella Winkel; TTA = Tibial Tuberosity Advancement; TTTA = Tibial Tuberosity Transposition-Advancement

## ■ Einleitung

Die Patella und das Femoropatellargelenk sind ein elementarer Bestandteil des Kniegelenks, das einen wichtigen Beitrag zur Funktionalität und Dynamik desselben leistet. Während in der Humanmedizin prä- und postoperative proximodistale Positionsveränderungen der Patella ein bekannter Grund für Kniegelenksschmerzen und Bewegungseinschränkungen sind (z.B. Weale et al. 1999; Paul et al. 2009; Schröter et al. 2012), wurde dieser Thematik bei kniegelenksnahen Operationen beim Hund bisher wenig Bedeutung beigemessen.

In der Humanmedizin wird die Patellahöhe mittels Indizes und Winkelmessungen evaluiert. Für diese Studie wurden drei Messmethoden gewählt, deren radioanatomische Evaluierung auf unterschiedlichen Gelenksanteilen beruht. Der Blackburne-Peel Index (BPI) beschreibt die Position der Patella in Bezug auf die Lage des femorotibialen Gelenkspaltes (Blackburne & Peel 1977). Der Insall-Salvati-Index (ISI) stellt die Relation der Patellalänge zur Patellasehne dar (Insall & Salvati 1971). Der Tibiplateau-Patella-Winkel (TPPA) spiegelt das Lageverhältnis der drei Hauptknochen des Kniegelenks wider.



**Abb. 1:** Schematische Darstellung der Messmethoden zur Bestimmung des BPI (Miles et al. 2012; rote Linien), des ISI (Johnson et al. 2006; grüne Linien) und des TPPA (blaue Linien) / Radiographic presentation of the techniques to measure BPI (Miles et al. 2012; red lines), ISI (Johnson et al. 2006; green lines) and TPPA (blue lines)

dogs. TPPA correlated inconsistently with the results of BPI and ISI. BPI, ISI and TPPA tended to increase with body height but there were no statistically significant differences between the three height groups.

## Conclusion

TPLO and TTA influence patellar height in dogs and might create *patella baja* or *alta*. The results with different methods of measurement should be compared and interpreted with caution.

Proximodistale Lagerungsabweichungen der Patella werden in der Human- und Veterinärmedizin als *Patella baja* oder *inferior* (bei zu distaler Lage) bzw. als *Patella alta* (bei zu proximaler Lage) bezeichnet. Bei Hunden wurden bisher solche Lagerungsabweichungen vor allem in Studien zum Themengebiet Patellaluxation untersucht (Johnson et al. 2002, 2006; Mostafa et al. 2008; Wangdee et al. 2015). Die vorliegende Studie basiert auf der Diplomarbeit von Winkler (2019) und geht der Frage nach, ob Tibial Plateau Leveling Osteotomy (TPLO) und Tibial Tuberosity Advancement (TTA) als Umstellungsosteotomien eine proximodistale Positionsveränderung der Patella verursachen und welcher Art diese Lageveränderung ist. Diese Studie stellt dabei die Hypothese auf, dass anhand von spezifischen, aus der Humanmedizin übernommenen Messmethoden diese Positionsveränderungen eindeutig beschrieben werden können.

## ■ Material und Methode

### Material

Die Untersuchungen wurde an 78 Hunden (50 Hündinnen, 25 Rüden, drei ohne Geschlechtsangabe) unterschiedlicher Rassen durchgeführt. Diese waren durchschnittlich  $6 \pm 3,5$  Jahre alt. Die Körperhöhe wurde bei 77 Hunden gemessen und in drei Größengruppen eingeteilt: small ( $n=14$ ,  $\leq 39$  cm), medium ( $n=41$ , 40–59 cm) und large ( $n=22$ ,  $\geq 60$  cm). Alle 78 Hunde hatten einen einseitigen kranialen Kreuzbandriss ohne zusätzliche Patellaproblematik oder Fehlstellung aufgewiesen, bei 39 Hunden war eine TPLO und bei 39 eine TTA durchgeführt worden. Die TPLO Operationen waren im Chirurgischen Zentrum für Kleintiere Dr. Lorinson, die TTA Operationen in der Praxis von Hrn. Dr. Leichtfried durchgeführt worden. Die Röntgenbilder wurden in den Einrichtungen angefertigt, in denen auch die Operationen vorgenommen worden waren.

### Radiologische Messungen

Bei allen 78 Hunden waren unmittelbar prä- und postoperativ mediolaterale Röntgenbilder (bei einer Kniewinkelung von  $90^\circ$  für die TPLO Patienten bzw.

zwischen 90 und 135° für die TTA Patienten) angefertigt worden. An diesen Röntgenbildern wurde die Patellahöhe mittels Blackburne-Peel Index (BPI), Insall-Salvati Index (ISI) und Tibiaplateau-Patella-Winkel (TPPA) bestimmt (Abb. 1). Der BPI ist der Quotient (D:C) der Höhe, normal zur Tangente des medialen Tibiaplateaus bis zum distalen Ende der Patellagelenksfläche reichend (D) und der Länge der Gelenksfläche der Patella (C). Eine *Patella norma* wurde als BPI zwischen 0,7–1,2 definiert (Miles et al. 2012). Der ISI ergibt sich aus dem Verhältnis (B:A) der Länge des *Ligamentum patellae* (B), gemessen vom distalsten Punkt des Patellabandursprungs und der proximalsten Ansatzstelle an der *Tuberositas tibiae*, und der Diagonale der Patella (A). Eine *Patella norma* wurde als ISI zwischen 1,45–1,79 definiert (Johnson et al. 2006). Der TPPA ergibt sich aus einer Tangente zum medialen Tibiaplateau, welche der Grundlinie des BPI entspricht, und einer zweiten Linie, die vom kaudalen Ende des Tibiaplateaus zum distalen Ende der Artikulationsfläche der Patella zieht. Für den TPPA konnten die Autoren für die Tierart Hund keine Referenzwerte in der Literatur finden.

Der Dicom Viewer RadiANT® (Medixant, Polen) diente zur Erhebung der einzelnen Messwerte mittels Lineal- und Winkel-Tool. Die Messungen wurden an gleich ausgerichteten Röntgenbildern bei 100%iger Vergrößerung durchgeführt. Es wurde direkt aufeinanderfolgend das prä- und postoperativ angefertigte Röntgenbild des jeweiligen Patienten vermessen, um dieselben röntgenologischen Anhaltspunkte zu verwenden.

### Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm IBM® SPSS® Statistics v 24. Für die deskriptive Statistik der Messparameter wurden Minimum, Maximum, Mittelwerte und die Standardabweichungen berechnet. Die Voraussetzung der Normalverteilung zur Anwendung parametrischer Testverfahren erfolgte mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test. Der Unterschied zwischen den prä- und postoperativen Messwerten innerhalb der beiden Operationsarten sowie der Einfluss der Größenklassen wurden mit einem general linear model (GLM) für wiederholte Messungen durchgeführt. Die drei Größenklassen wurden mit der Alphafehlerkorrektur nach Scheffé im Zuge der *Post hoc* Analysen verglichen. Zusammenhänge zwischen den Messwerten jeder einzelnen Methode wurden mit der Korrelation nach Pearson ermittelt. Für alle statistischen Testverfahren wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit unter 5 % ( $p < 0,05$ ) als signifikant erachtet.

## Ergebnisse

Tabelle 1 gibt einen deskriptiven Überblick über die prä- und postoperativen Messergebnisse der drei Messmethoden bei den 39 TPLO und 39 TTA Patienten.

**Tab. 1:** Auswertung der Einzelwerte gemäß der Operationsmethode / Mean values with standard deviations of the three measurement methods in relation to surgical technique

OP	Zeitpunkt / Methode	Minimum	Maximum	M	SD
TPLO	prä TPPA	14,6	45,5	33,5	6,1
	prä ISI	1,0	2,1	1,6	0,2
	prä BPI	0,7	1,4	1,1	0,2
	post TPPA	25,4	51,4	39,8	6,1
	post ISI	0,9	1,9	1,5	0,2
TTA	post BPI	0,8	1,8	1,3	0,2
	prä TPPA	9,0	45,4	29,2	7,0
	prä ISI	1,1	2,02	1,6	0,2
	prä BPI	0,4	1,6	1,1	0,2
	post TPPA	3,9	37,4	23,1	6,3
	post ISI	1,1	2,0	1,5	0,2
	post BPI	0,4	2,2	0,9	0,3

### Auswertung des BPI

Es zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den durchschnittlichen prä- und postoperativen Messergebnissen sowohl bei TPLO ( $p < 0,001$ ) als auch bei TTA Patienten ( $p = 0,001$ ).

Der BPI nahm bei der TPLO postoperativ bei 36 der 39 Hunde (92 %) zu. Dies führte bei 15 von 39 Hunden, die präoperativ eine *Patella norma* hatten, postoperativ zu einer *Patella alta*. Fünf Hunde wiesen prä- und postoperativ eine *Patella alta* auf und ein Hund hatte präoperativ eine *Patella baja*, die postoperativ zu einer *Patella norma* wurde.

Nach der TTA nahm der BPI bei 34 von 39 Hunden (87 %) ab. Neun Hunde hatten präoperativ eine *Patella alta*, die postoperativ zu einer *Patella norma* wurde. Ein Hund hatte prä- und postoperativ eine *Patella alta*, zwei Hunde eine *Patella baja*. Bei fünf Hunden entwickelte sich eine präoperative *Patella norma* zu einer postoperativen *Patella baja*.

### Auswertung des ISI

Es zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den durchschnittlichen prä- und postoperativen Messergebnissen sowohl bei TPLO ( $p < 0,001$ ) als auch bei TTA Patienten ( $p = 0,009$ ) (Abb. 2a).

Der ISI nahm bei 35 der 39 TPLO Patienten (89 %) und bei 28 der 39 TTA Patienten (71 %) postoperativ ab. Dies führte bei fünf TPLO und zehn TTA Hunden von einer präoperativen *Patella norma* zu einer postoperativen *Patella baja*. Eine prä- und postoperative *Patella baja* lag bei drei TPLO Patienten und bei sechs TTA Patienten vor, eine prä- und postoperative *Patella*

*alta* bei vier TTA Patienten. Bei einem TPLO und drei TTA Hunden wurde aus einer präoperativen *Patella alta* eine postoperative *Patella norma*.

**Auswertung des TPPA**

Sowohl bei den TPLO Patienten als auch bei den TTA Patienten zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den prä- und den postoperativen Messergebnissen ( $p < 0,001$ ) (Abb. 2b). Die Interaktion zwischen den beiden Zeitpunkten und den Operationsmethoden war ebenfalls signifikant ( $p < 0,001$ ). Der TPPA nahm postoperativ bei 35 der 39 TPLO Patienten (89 %) zu und bei 36 der 39 TTA Patienten (92 %) postoperativ ab.

**Auswertung anhand der drei Größengruppen**

Eingeteilt in die drei Größengruppen wiesen die größten Hunde (TPLO und TTA) den höchsten BPI, ISI und TPPA (prä- und postoperativ) und die kleinsten Hunde den niedrigsten BPI, ISI und TPPA (prä- und postoperativ) auf. Die Größengruppen zeigten keinen signifikanten Einfluss auf die Messergebnisse. Die p-Werte lagen zwischen 0,065 und 0,206.

**Korrelation der Messmethoden**

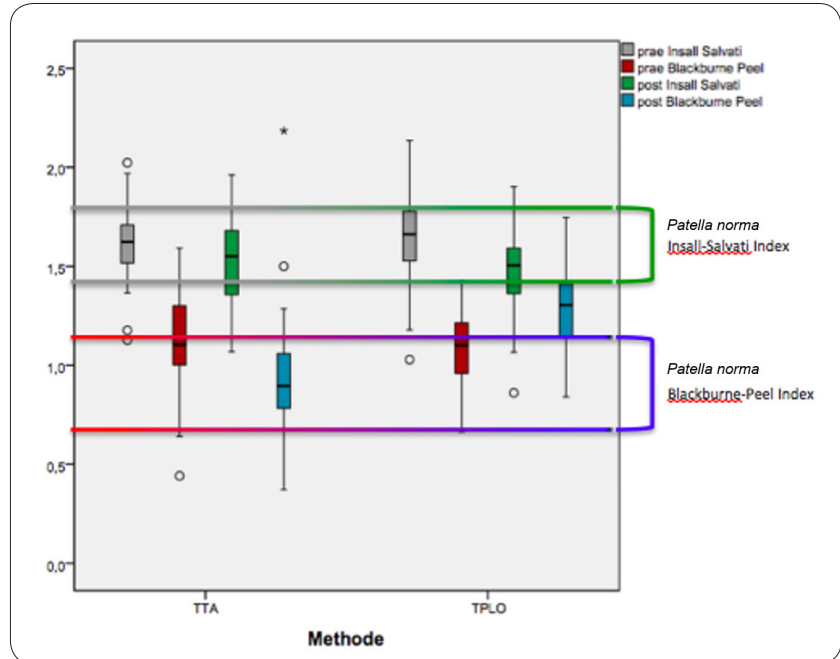
Tabelle 2 listet die Korrelationen der Messergebnisse zueinander auf.

Bei den TPLO Patienten wiesen die beiden verwendeten Indizes prä- und postoperativ signifikante Korrelationen auf. Basierend auf den verwendeten Grenzwerten aus der Veterinärliteratur waren bei den TPLO Patienten die präoperativen BPI und ISI Messungen von 33 der 39 Hunde (84 %) vergleichbar (31mal *Patella norma*, je einmal *Patella alta* und *baja*). Bei den postoperativen BPI und ISI Messergebnissen waren nur 13 der untersuchten TPLO Hunde (33 %) übereinstimmend in der *Patella norma* Gruppe.

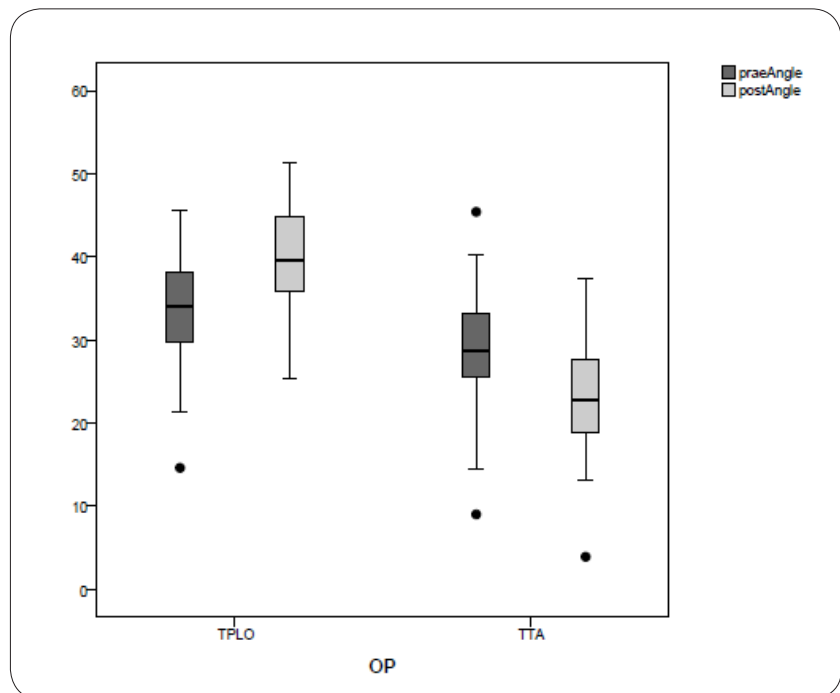
Bei den TTA Patienten korrelierten nur die präoperativen Werte signifikant. Im Hinblick auf die in dieser Studie angenommenen Grenzwerte waren die präoperativen Messergebnisse des BPI und ISI bei 16 der 39 Hunde (41 %) vergleichbar (15mal *Patella*

*norma*, einmal *Patella baja*), die postoperativen bei 21 (53 %) der TTA Hunde (15mal *Patella norma*, sechsmal *Patella baja*).

Der TPPA Winkel korrelierte bei den TPLO Patienten prä- und postoperativ signifikant mit den BPI und



**Abb. 2a:** Schematische Darstellung der Messergebnisse von BPI und ISI mit Berücksichtigung des *Patella norma* Bereichs / Schematic representation of the results of BPI and ISI measurement with highlighted *patella norma* region



**Abb. 2b:** Darstellung der Messergebnisse des TPPA als Boxplot (Ausreißer als Punkte dargestellt) / The TPPA measurements as box plots (dots represent outliers); OP = Operationsmethode/surgical technique; TPLO = Tibial Plateau Leveling Osteotomy; TPPA = Tibiplateau-Patella Winkel/Tibial Plateau Patella Angle; TTA = Tibial Tuberosity Advancement



**Tab. 2:** Korrelation der Einzelmessergebnisse gemäß der Operationsmethode / Correlation of the three methods for measurement with surgical technique (\*\* =  $p < 0.01$ ; \* =  $p < 0.05$ )

OP			präTPPA	postTPPA	präISI	postISI	präBPI	postBPI	
TPLO	präTPPA	Pearson-Korrelation	1	,574**	,458**	,412**	,796**	,474**	
		Sig. (2-seitig)		<,001	,003	,009	<,001	,002	
		N	39	39	39	39	39	39	
	postTPPA	Pearson-Korrelation	,574**	1	,411**	,252	,603**	,596**	
		Sig. (2-seitig)	<,001		,009	,122	<,001	<,001	
		N	39	39	39	39	39	39	
	präISI	Pearson-Korrelation	,458**	,411**	1	,811**	,527**	,427**	
		Sig. (2-seitig)	,003	,009		<,001	<,001	,007	
		N	39	39	39	39	39	39	
	postISI	Pearson-Korrelation	,412**	,252	,811**	1	,509**	,454**	
		Sig. (2-seitig)	,009	,122	<,001		<,001	,004	
		N	39	39	39	39	39	39	
	präBPI	Pearson-Korrelation	,796**	,603**	,527**	,509**	1	,762**	
		Sig. (2-seitig)	<,001	<,001	<,001	<,001		<,001	
		N	39	39	39	39	39	39	
	postBPI	Pearson-Korrelation	,474**	,596**	,427**	,454**	,762**	1	
		Sig. (2-seitig)	,002	<,001	,007	,004	<,001		
		N	39	39	39	39	39	39	
	TTA	präTPPA	Pearson-Korrelation	1	,746**	,099	,305	,772**	,178
			Sig. (2-seitig)		<,001	,551	,059	<,001	,280
			N	39	39	39	39	39	39
		postTPPA	Pearson-Korrelation	,746**	1	,189	,373*	,648**	,246
			Sig. (2-seitig)	<,001		,249	,019	<,001	,131
			N	39	39	39	39	39	39
präISI		Pearson-Korrelation	,099	,189	1	,760**	,388*	,265	
		Sig. (2-seitig)	,551	,249		<,001	,015	,103	
		N	39	39	39	39	39	39	
postISI		Pearson-Korrelation	,305	,373*	,760**	1	,402*	,268	
		Sig. (2-seitig)	,059	,019	<,001		,011	,099	
		N	39	39	39	39	39	39	
präBPI		Pearson-Korrelation	,772**	,648**	,388*	,402*	1	,364*	
		Sig. (2-seitig)	<,001	<,001	,015	,011		,023	
		N	39	39	39	39	39	39	
postBPI		Pearson-Korrelation	,178	,246	,265	,268	,364*	1	
		Sig. (2-seitig)	,280	,131	,103	,099	,023		
		N	39	39	39	39	39	39	

\*\* . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

\* . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

präoperativ mit dem ISI. Bei den TTA Patienten gab es eine signifikante Korrelation präoperativ nur mit BPI und postoperativ nur mit ISI.

## ■ Diskussion

Die Einflüsse der Patellahöhe auf die gesamte Kniegelenksdynamik, die Kniegelenkspathologie sowie auf die Korrekturosteotomien wie z.B. TPLO und TTA sind in der Veterinärmedizin bisher nicht vollständig bekannt. In der Humanmedizin hatte Boon-Ilt bereits 1930 den ersten Patellahöhenindex beschrieben. Allerdings dauerte es auch in der Humanmedizin bis 1999, bis das International Knee Documentation Committee die Beurteilung der Patellahöhe in ihre Scores aufnahm und damit als Interpretationsmerkmal etablierte (Seil et al. 2000). Kim et al. (2008) und Beer et al. (2018) bemängelten das Fehlen von vergleichbaren und evidenzbasierten Studien, die einen Effekt von TPLO oder TTA auf die Patellahöhe belegen. Johnson et al. (2006) stellten die Patellahöhe großwüchsiger Hunde mit medialer Patellaluxation in Relation zu den Daten von Hunden ohne klinischen Befund. Mostafa et al. (2008) evaluierten die Patellahöhe bei Patienten unterschiedlicher Rassen mit medialer und lateraler Patellaluxation.

In der vorliegenden Arbeit wurden 78 Hunde untersucht, die im Gegensatz zu den Arbeiten von Johnson et al. (2006), Mostafa et al. (2008) und Lojczyk-Szczepaniak et al. (2017) nicht nach dem Körpergewicht, sondern je nach Rasse in drei Gruppen von Widerristhöhen eingeteilt wurden. Dies soll die Unabhängigkeit von individuellen Besonderheiten wie Alter, Geschlecht oder Ernährungszustand gewährleisten. In dieser Studie waren die gemessenen Indizes bei beiden Operationsmethoden sowohl prä- als auch postoperativ am größten in der Gruppe der Hunde mit der größten Widerristhöhe und am kleinsten in der Gruppe der Hunde mit der geringsten Widerristhöhe. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von Ocal et al. (2020), wonach bei kniegesunden Hunden der ISI mit zunehmendem Körpergewicht größer wird. Der TPPA verhielt sich bei den TPLO Patienten, prä- und postoperativ, ebenfalls in Abhängigkeit zu der Widerristhöhe. Bei den TTA Patienten nahm der präoperative Winkel mit zunehmender Widerristhöhe ab. Der postoperative Winkel der TTA Patienten war tendenziell bei den größten Hunden größer als bei den Hunden mit der geringsten Widerristhöhe. Einschränkend zu den oben genannten Ergebnissen muss hinzugefügt werden, dass in der vorliegenden Studie die Gruppe der „small“ Hunde bei der TPLO zahlenmäßig sehr gering vertreten ist. Dies liegt daran, dass einer der leitenden Chirurgen diese Operationstechnik bevorzugt an mittelgroßen und großen Hunden durchführt.

Die Winkelung der prä- und postoperativen Röntgenbilder sollte laut humanmedizinischen Studien auf die Ergebnisse des TPPA und des ISI keinen

Einfluss haben (Portner & Pakzad 2011). Aus der Veterinärmedizin ist den Autoren keine Studie zur Evaluierung der Messgenauigkeiten der Patellahöhe bekannt. Kritisch muss angemerkt werden, dass Messungen an Röntgenbildern Messungenauigkeiten hervorrufen können. Deshalb wurde bei dieser Arbeit eine vergleichbare Lagerungsposition der prä- und postoperativen Röntgenbilder angewendet, um diese Fehlerquelle zu minimieren.

Die Entscheidung, die Patellahöhe in dieser Arbeit mittels BPI, ISI und TPPA auszuwerten, beruhte auf der zuvor durchgeführten Evaluierung von human- und veterinärmedizinischen Studien, wobei in der Mehrheit ISI und BPI verwendet wurden. Der TPPA wurde als Korrektiv herangezogen, weil er laut Portner und Pakzad (2011) in der Humanmedizin unbeeinflusst von der Größe der Patienten und der radiologischen Vergrößerung bleibt.

Die Interpretation der Einzelergebnisse dieser Studie bezüglich der Patellahöhe wurde dadurch erschwert, dass die Intervalle für eine *Patella norma* beim Hund wenig erforscht sind. Während sich die Humanmedizin in unzähligen Studien nicht nur bereits auf Intervalle für eine *Patella norma* geeinigt, sondern sogar eigene Bereiche für Kinder definiert hat, musste der Rahmen für die vorliegende veterinärmedizinische Studie literaturbasiert gewählt werden. So wurde beim BPI das von Miles et al. (2012) in einer klinisch gesunden Population von Grönlandhunden erhobene Intervall von 0,7–1,2 herangezogen. Beim ISI divergieren die bisher vorgeschlagenen Intervalle relativ stark. Johnson et al. (2006) definierten in einer klinisch unauffälligen, großwüchsigen Hundepopulation den eine *Patella norma* beschreibenden Rahmen von 1,45–1,79. Mostafa et al. (2008) erhoben bei insgesamt 106 Hunden - davon 51 ohne klinischen Befund - eine *Patella norma* bei einem ISI von 1,97–2,06. In der Studie von Lojczyk-Szczepaniak et al. (2017) wurde an einer reinrassigen Population von 65 Deutschen Schäferhunden an 115 Knien eine *Patella norma* im Bereich von 1,46–2,13 definiert. Die hier vorliegende Arbeit wählte den kleinsten Rahmen von 1,45–1,79, um damit alle oben angeführten Studien zu vereinen.

Bezogen auf den BPI führte die bei der TPLO durchgeführte Rotation des Tibiaplateaus bei 92 % der untersuchten Hunde zu einer postoperativen Vergrößerung des Abstands der Patella zum Femorotibialgelenk. Bei der radiologischen Auswertung des ISI werden die gewählten anatomischen Messpunkte durch eine TPLO nicht chirurgisch verändert. Dennoch kam es bei 89 % der untersuchten Hunde zu einer postoperativen Verringerung des ISI. Eine Übereinstimmung des BPI und des ISI *in puncto* der Interpretation der Patellahöhe lag präoperativ bei 84 % und postoperativ bei 33 % der TPLO Hunde vor. Deshalb können die Messergebnisse der beiden Indizes nur mit großer Vorsicht miteinander verglichen werden. Trotz der in dieser Arbeit festgestellten Korrelationen ist bei

Auswertung des BPI (und TPPA – siehe unten) eine Tendenz Richtung *Patella alta* erkennbar, während bei ISI Messergebnissen eine Tendenz Richtung *Patella baja* vorliegt. In der Humanmedizin konnten Seil et al. (2000) bei einem Vergleich von ISI mit dem BPI in nur 57 % der Fälle eine identische Diagnose nachweisen. Ein Fall in dieser Arbeit wies sogar die spezielle Situation auf, dass der ISI eine *Patella baja* bezeichnete, während der BPI denselben Fall als *Patella alta* kennzeichnete. Erklärt wurde dies durch anatomische Gegebenheiten, die die Messung beeinflussten.

Die TTA scheint BPI und ISI postoperativ ähnlich zu beeinflussen, was bei 87 % bzw. 71 % der untersuchten Hunde in einer Abnahme beider Indizes resultierte. Miles et al. (2012) postulierten, dass der ISI aufgrund seines fehlenden Konnexes zur Position der *Tuberositas tibiae* keine Aussagekraft bei einer chirurgischen Transposition selbiger hat. Da in der vorliegenden Arbeit der ISI sowohl bei der TTA als auch bei der TPLO postoperativ eine quantitative Veränderung auswies, scheint dies im Widerspruch zu Miles et al. (2012) zu stehen. Währenddessen kamen andere Forscher auf Ergebnisse, die dieser Studie hier entsprechen. Yeadon et al. (2011) führten an 39 Kniegelenken mit medialer Patellaluxation und kranialem Kreuzbandriss ein sog. tibial tuberosity transposition-advancement (TTTA), eine Sulkusplastik und eine parapatellare Faszienstraffung durch. Durch die TTTA wurde trotz postoperativ guter Klinik bei 31 Kniegelenken eine relative *Patella baja* erzeugt.

Da beim TPPA in der Veterinärmedizin die Grenzwerte für die Einteilungen in *Patella baja* oder *alta* noch fehlen, konnte nur dessen prä- zu postoperative Entwicklung beobachtet werden. Der Winkel wurde bei der TPLO postoperativ tendenziell größer und bei der TTA postoperativ tendenziell kleiner. Die Vergrößerung des TPPA nach einer TPLO erklärt sich mit der Rotation des Tibiaplateaus, die Verkleinerung nach der TTA möglicherweise durch den proximodistalen Zug an der Patellasehne.

Nach humanmedizinischen Berechnungen von Weale et al. (1999) führt bereits eine Patellahöhenveränderung von nur einem Millimeter zu einem Flexionsverlust von einem Grad. Veterinärmedizinische Studien zu diesem Thema stehen noch aus. Pozzi et al. (2013) definierten den durch die TPLO verstärkten patellar-tilt-angle genauer, womit eine Veränderung der Kniegelenksdynamik bzw. ein direkter Zusammenhang zu der postoperativen Patellatendinitis einhergeht. Neville-Towle et al. (2017) wollten den Effekt der Proximalisation der *Tuberositas tibiae* bei der TTA näher beschreiben, konnten allerdings nur einen schwachen Effekt auf die Kniegelenksdynamik festhalten. Zann et al. (2020) evaluierten die Kinematik bei 10 Hunden sechs Monate nach einseitiger TPLO und stellten eine ca. 1 mm weiter kranial liegende Patella vor allem in der Standphase und bei der 120–140° Beugung fest. Proximodistale Lagerungsveränderungen und

Funktionalitätsdefizite wurden nicht beschrieben. Mitunter wurden TTA Implantate in Kombination mit Osteotomien zur Therapie von *Patella baja* und *alta* eingesetzt. Edwards und Jackson (2012) beschrieben den Fall eines 7jährigen Chihuahuas, der nach einer chirurgischen Korrektur seiner Patellaluxation eine Lahmheit mit reduzierter Bewegungsfreiheit am operierten Kniegelenk aufwies. Da als Ursache hierfür eine *Patella baja* diagnostiziert wurde, wurde dies mittels TTA Platte korrigiert, was 12 Monate postoperativ zu einem lahmheitsfreien Gangbild führte. Pugliese et al. (2015) setzten TTA Platten zur Distalverlagerung der *Tuberositas tibiae* ein und korrigierten mit gutem Erfolg eine *Patella alta* bei mehreren Hunden. Folgestudien sind notwendig, um die Positionsveränderungen der Patella nach kniegelenksnahen Operationen beim Hund weiter zu evaluieren und deren Einfluss auf eventuelle postoperative Störungen der Gelenksfunktionalität zu überprüfen.

### Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei Herrn Dr. Christoph Leichtfried für die Bereitstellung von Patientendaten und Röntgenbildern.

### Fazit für die Praxis

TPLO und TTA beeinflussen die Patellahöhe, indem sowohl *Patella alta* als auch *Patella baja* verursacht werden können. Messergebnisse basierend auf unterschiedlichen Messmethoden müssen mit Vorsicht beurteilt und miteinander verglichen werden.

## Literatur

- Beer P, Bockstahler B, Schnabl-Feichter E. Tibial plateau leveling osteotomy and tibial tuberosity advancement – a systemic review. *Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere*. 2018;46(4):223–235.
- Blackburne JS, Peel TE. A new method of measuring patellar height. *J Bone Joint Surg Br*. 1977;59(2):241–242.
- Boon-Itt S. The normal position of the patella. *Am J Radiol*. 1930;24:389–394.
- Edwards GA, Jackson AH. Use of a TTA plate for correction of severe patella baja in a chihuahua. *J Am Anim Hosp Assoc*. 2012;48(2):113–117.
- Insall J, Salvati E. Patella position in the normal knee joint. *Radiology*. 1971;101(1):101–104.
- Johnson AL, Probst CW, DeCamp CE, Rosenstein DS, Hauptman JG, Kern TL. Vertical position of the patella in the stifle joint of clinically normal large-breed dogs. *Am J Vet Res*. 2002;63(1):42–46.
- Johnson AL, Broadus KD, Hauptman JG, Marsh S, Monsere J, Sepulveda G. Vertical patellar position in large-breed dogs with clinically normal stifles and large-breed dogs with medial patellar luxation. *Vet Surg*. 2006;35(1):78–81.
- Kim SE, Pozzi A, Kowaleski MP, Lewis DD. Invited Review: Tibial Osteotomies for Cranial Cruciate Ligament Insufficiency in Dogs. *Vet Surg*. 2008;37(2):111–125.
- Lojszczyk-Szczepaniak A, Silmanowicz P, Komsta R, Osinski Z. Determination of reference values and frequency of occurrence of patella alta in German shepherd dogs: a retrospective study. *Acta Vet Scand*. 2017;59:36. DOI: 10.1186/s13028-017-0304-1
- Miles JE, Dickow M, Nielsen DH, Jensen BR, Kirpensteijn J, Svalastoga EL, et al. Five patellar proximodistal positioning indices compared in clinically normal Greenland sled dogs. *The Vet J*. 2012;193(2):529–534.
- Mostafa AA, Griffon DJ, Thomas MW, Constable PD. Proximodistal alignment of the canine patella: radiographic evaluation and association with medial and lateral patellar luxation. *Vet Surg*. 2008;37(3):201–211.
- Neville-Towle JD, Makara M, Johnson KA, Voss K. Effect of proximal translation of the osteotomized tibial tuberosity during tibial tuberosity advancement on patellar position and patellar ligament angle. *Vet Res*. 2017;13:18. DOI: 10.1186/s12917-017-0942-6
- Ocal MK, Seyrek-Intas D, Cagatay S. Comparison of Insall-Salvati Index and its modification in normal dogs from four different body weight groups. *Vet Comp Orthop Traumatol*. 2020;33(2):110–115.
- Paul J, El-Azab H, Klavklav P, Hinterwimmer S, Imhoff AB. Patella baja nach open-wedge, patella alta nach closed-wedge-HTO? [Abstract]. *GOTS-Kongress*; 19.–21.07.2009; München. *Sports orthopaedics and traumatology*. 2009;25(2):125–126. DOI:10.1016/j.orthr.2009.02.009
- Portner O, Pakzad H. The evaluation of patellar height: A simple method. *J Bone Joint Surg Am*. 2011;93(1):73–80.
- Pozzi A, Dunbar NJ, Kim SE. Effect of tibial plateau leveling osteotomy on patellofemoral alignment: A study using canine cadavers. *Vet J*. 2013;198:98–102.
- Pugliese LC, Pike FS, Aiken SW. Distal tibial tuberosity translation using TTA implants for the treatment of patella alta in large breed dogs. Surgical technique and clinical outcome. *Vet Comp Orthop Traumatol*. 2015;28(4):274–281.
- Schröter S, Lobenhoffer P, Mueller J, Ihle C, Stöckle U, Albrecht D. Veränderungen der Patellahöhe nach „open“- und „closed wedge high tibial osteotomy“. *Review der Literatur. Der Orthopäde*. 2012;41(3):186–194.
- Seil R, Rupp S, Kohn D. Die Beurteilung der Patellahöhe. In: Wirth CJ, Rudert M, editors. *Das patellofemorale Schmerzsyndrom*. Heidelberg: Steinkopff; 2000. p. 66–77.
- Wangdee C, Theyse LFH, Hazewinkel HAW. Proximo-distal patellar position in three small dog breeds with medial patellar luxation. *Vet Comp Orthop Traumatol*. 2015;28(4):270–273.
- Weale AE, Murray DW, Newman JH, Ackroyd CE. The length of the patellar tendon after unicompartmental and total knee replacement. *J Bone Joint Surg Br*. 1999;81(5):790–795.
- Winkler M. Evaluierung der Patellaposition anhand spezifischer Indices bei tibia plateau leveling osteotomy und tibial tuberosity advancement bei Hundepatienten [Diplomarbeit]. Wien: Veterinärmedizinische Universität Wien; 2019.
- Yeadon R, Fitzpatrick N, Kowaleski MP. Tibial tuberosity transposition advancement for treatment of medial patellar luxation and concomitant cranial cruciate ligament disease in the dog. Surgical technique, radiographic and clinical outcomes. *Vet Comp Orthop Traumatol*. 2011;24(1):18–26.
- Zann GJ, Kim SE, Tinga S, Pozzi A, Banks SA. The effect of tibial plateau leveling osteotomy on patellofemoral kinematics in dogs: an in vivo study. *Vet Surg*. 2020;49(1):207–213.

### Please cite as:

Lorinson K, Winkler M, Tichy A, Lorinson D. Radiologische Evaluierung der prä- und postoperativen Patellahöhe bei TPLO und TTA Patienten. *Wien Tierarztl Monat – Vet Med Austria*. 2022;109:Doc1. DOI: 10.5680/wtm000001

Copyright ©2022 Lorinson et al. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License. See license information at <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>