

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTA' DI MEDICINA VETERINARIA

Corso di laurea Specialistica a Ciclo Unico in  
Medicina Veterinaria

Tesi di laurea

**Centro di rotazione dell'osteotomia in corso di TPLO (Tibial Plateau Leveling Osteotomy). Impianto convenzionale DCP (Dynamic Compression Plate) ed impianto bloccato Fixin a confronto**

Relatore: Prof. Maurizio Isola

Laureando: Samuele Soldà

Correlatore: Dr. Massimo Petazzoni

Anno Accademico 2009-2010



*...a mio padre*



# Indice

1. Introduzione .....	1
2. Parte Generale .....	3
2.1. Anatomia.....	3
2.1.1. Articolazione femoro-tibio-rotulea .....	3
2.1.1.1. Femore .....	4
2.1.1.2. Tibia e Fibula .....	6
2.1.1.3. Rotula .....	8
2.1.1.4. Menischi .....	9
2.1.1.5. Legamenti.....	10
2.1.1.5.1. Legamento collaterale mediale e laterale .....	11
2.1.1.5.2. Legamenti crociati .....	11
2.1.1.5.2.1. Legamento crociato posteriore (LCP) .....	11
2.1.1.5.2.2. Legamento crociato anteriore (LCA) .....	12
2.1.1.5.3. Legamenti femoro-rotulei .....	14
2.1.1.6. Capsula articolare .....	14

2.2.	Biomeccanica del ginocchio .....	15
2.3.	Patologie conseguenti ad una incompetenza del legamento crociato anteriore .....	17
2.3.1.	Eziopatogenesi .....	17
2.3.2.	Diagnosi.....	19
2.3.2.1.	Sit Test.....	20
2.3.2.2.	Test del cassetto.....	21
2.3.2.3.	Test di compressione tibiale .....	23
2.3.2.4.	Esame radiografico .....	24
2.3.3.	Diagnosi differenziale tra incompetenza del legamento crociato anteriore (LCA) ed incompetenza del legamento crociato posteriore (LCP) .....	28
2.3.4.	Trattamento .....	29
2.3.4.1.	Conservativo.....	29
2.3.4.2.	Chirurgico .....	29
2.3.4.2.1.	Intracapsulari.....	30
2.3.4.2.2.	Extracapsulari.....	31
2.3.4.2.3.	Tecniche biomeccaniche .....	32
2.3.4.2.3.1.	Trattamento meniscale .....	35
2.3.4.3.	Scelta della tecnica più appropriata.....	35
2.4.	TPLO (Tibial Plateau Leveling Osteotomy). Osteotomia livellante del piatto tibiale .....	37

2.4.1.	Misurazione dell'inclinazione del piatto tibiale pre operatorio..	37
2.4.2.	Pianificazione pre operatoria dell'angolo di rotazione del piatto tibiale .....	40
2.4.3.	Tecnica operatoria.....	41
2.4.4.	Misurazione dell'inclinazione del piatto tibiale post operatorio	42
2.4.5.	Centro teorico di rotazione intrarticolare.....	42
2.4.5.1.	Complicazioni associate ad un errato posizionamento del centro dell'osteotomia radiale.....	43
2.4.6.	Post operatorio .....	44
2.4.7.	Recupero .....	44
2.5.	Dispositivi di sintesi ossea.....	46
2.5.1.	Placche DCP (Dynamic Compression Plate) .....	46
2.5.2.	Placche a stabilità angolare.....	47
3.	Parte Sperimentale .....	49
3.1.	Introduzione.....	49
3.2.	Materiali e metodi .....	50
3.3.	Risultati.....	56
3.4.	Discussione .....	70
3.5.	Conclusioni .....	72
4.	Bibliografia .....	75
5.	Ringraziamenti.....	81



# 1. Introduzione

L'incompetenza del legamento crociato anteriore, è una patologia ortopedica di frequente riscontro nella pratica clinica ed è fra le prime cause di zoppia posteriore nel cane.

Il legamento crociato anteriore si trova all'interno dell'articolazione del ginocchio ed il suo compito è quello di impedire che la tibia scivoli cranialmente, rispetto al femore, durante la fase di carico dell'arto posteriore. Numerosi studi si stanno tutt'ora conducendo per capirne a fondo la patogenesi ed il possibile trattamento. La terapia proposta è di tipo chirurgico, ed inizialmente prevedeva la ricostruzione del legamento lesionato.

Negli anni '80 però, Barclay Slocum aprì un nuovo fronte di ricerca, iniziando a considerare la biomeccanica articolare e la sua relazione con il legamento crociato anteriore. In seguito a questi studi la tecnica chirurgica si è spostata da un concetto di ricostruzione del legamento incompetente, ad un concetto biomeccanico, che prevede, attraverso una osteotomia della tibia prossimale, di variare la direzione delle forze in gioco, non rendendo di fatto più necessaria la presenza del legamento crociato anteriore. Su questo concetto si sono sviluppate svariate tecniche chirurgiche, con l'obiettivo di annullare l'avanzamento tibiale in maniera passiva.

Un esempio è rappresentato dalla TPLO (Tibial Plateau Leveling Osteotomy), intervento che prevede la modificazione dell'inclinazione del piatto tibiale, mediante una osteotomia semicircolare della porzione prossimale della tibia. Ad oggi la frattura tibiale iatrogena può essere stabilizzata mediante l'utilizzo di placche dedicate di due tipi, quelle convenzionali secondo tecnica AO a compressione dinamica (DCP-Dynamic Compression Plate) e quelle bloccate a stabilità angolare. Il protocollo operatorio, prevede che la linea osteotomica angolare praticata sulla tibia, abbia il proprio centro perfettamente sovrapposto al centro di rotazione intrarticolare del ginocchio. Questo è un punto chiave per la tecnica TPLO; è fondamentale infatti che nel post operatorio sia variato solo l'angolo di inclinazione del piatto tibiale, mentre sia mantenuto intatto il centro di rotazione intrarticolare, così da non compromettere

la fisiologica capacità flessoria dell'articolazione stessa. Nella pratica clinica può succedere di non riuscire a sovrapporre perfettamente i due punti. Ciò può avvenire per svariati motivi, siano essi errori di valutazione del chirurgo, oppure errori di identificazione del centro di rotazione. Altre volte invece il chirurgo è costretto ad adattare la posizione del centro dell'osteotomia, alla foggia dell'impianto di osteosintesi a sua disposizione. Queste incongruenze tra i due centri ( quello di rotazione intrarticolare e quello dell'osteotomia radiale) sono state associate a specifiche complicazioni intra e post operatorie.

In questo lavoro si è voluto andare ad indagare come si comportino i due centri sopra descritti, durante l'esecuzione di 100 interventi di TPLO. L'intento è quello di andare a descrivere come i loro rapporti varino nei diversi interventi utilizzando due diverse tipologie di impianto di osteosintesi.

## 2. Parte Generale

### 2.1. Anatomia

#### 2.1.1. Articolazione femoro-tibio-rotulea

L'articolazione femoro-tibio-rotulea, o articolazione del ginocchio, è una diartrosi complessa, situata al centro dell'arto pelvico, che lo divide in due grandi regioni, la coscia (prossimale) e la gamba (distale). Il ginocchio è capace di un movimento principale di flesso estensione e di due movimenti secondari, molto limitati, assiali e laterali. Concorrono alla sua formazione due parti strettamente solidali: l'articolazione femoro-rotulea, che assicura il rapporto tra rotula e troclea femorale, e l'articolazione femoro-tibiale, che oppone ai condili femorali l'estremità prossimale della tibia.<sup>6,53</sup>

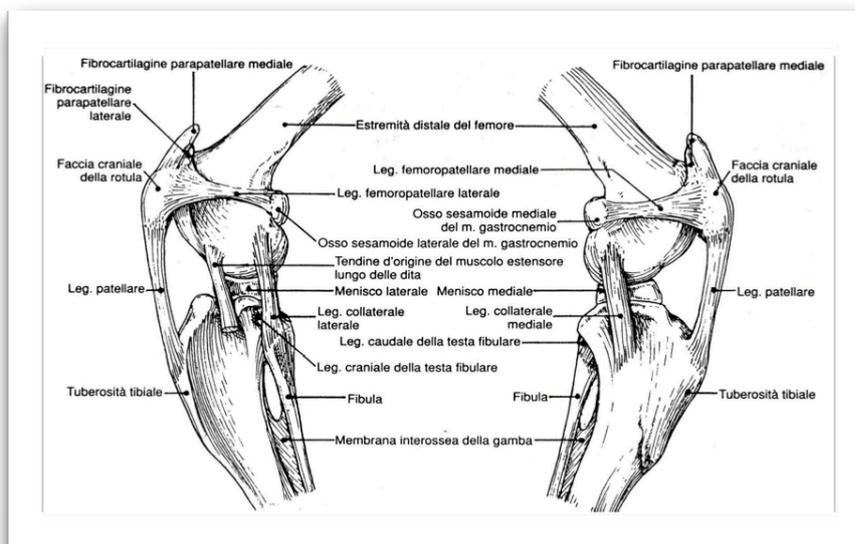


Figura 1: articolazione del ginocchio, veduta laterale e mediale. (Barone, Robert: Anatomia comparata dei mammiferi domestici, 1980. Edagricole)

### 2.1.1.1.Femore

Il femore è l'osso che costituisce lo scheletro della coscia. Fa parte delle ossa lunghe, è in numero pari, formato da una estremità prossimale, una distale e da un corpo fra esse compreso.

L'estremità prossimale presenta medialmente una superficie articolare sferoidale, detta testa del femore, e lateralmente un rilievo, il grande trocantere, per le inserzioni muscolari. La testa è connessa alla restante epifisi tramite un restringimento detto collo, ed è incisa medialmente da una depressione, la fossa della testa. Al di sotto della testa vi è un'altro rilievo osseo, il trocantino o piccolo trocantere.

Il corpo del femore ha forma di prisma triangolare a tre facce, una laterale, una mediale ed una caudale e tre margini, uno craniale, uno laterale ed uno mediale.

Nel terzo prossimale della faccia caudale si trova la crestatuberosità per il muscolo bicipite, mentre sul margine mediale, a livello del terzo distale si osserva un'impronta vascolare per l'arteria femorale.

L'estremità distale del femore è formata da due condili e da una troclea. I condili, mediale e laterale, sono separati tra loro da una profonda incisura, la fossa intercondiloidea. Lateralmente ad ogni condilo si trova un epicondilo, che è un rilievo rugoso per le inserzioni. Il condilo laterale presenta sul versante esterno della sua base due fossette, una craniale (estensoria) ed una caudale (poplitea). La troclea risulta costituita da una gola mediana, limitata da due labbri, uno laterale ed uno mediale. <sup>6,53</sup>

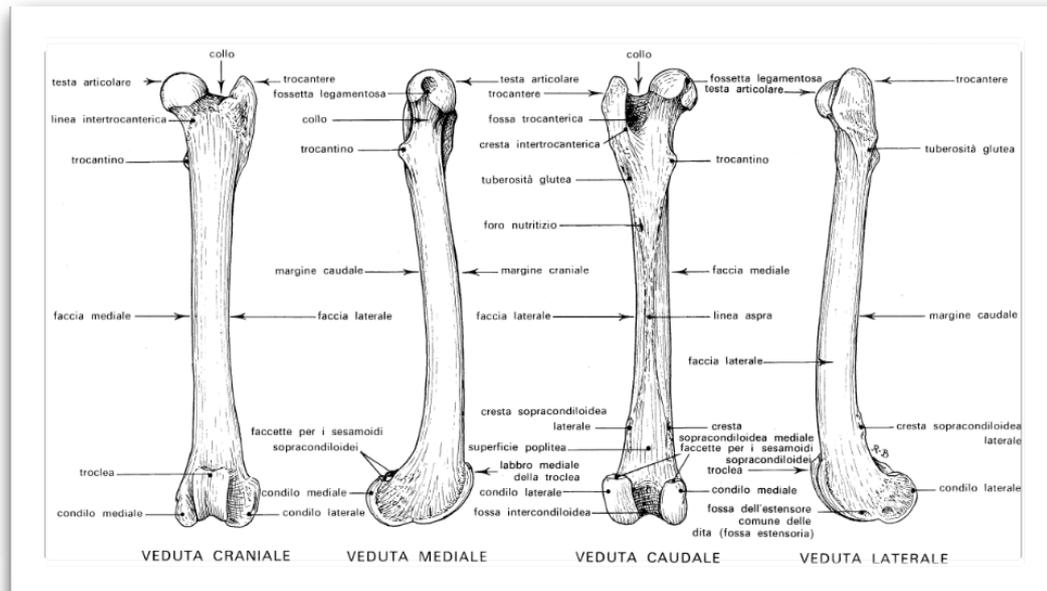


Figura 2: femore sinistro di cane (Barone, Robert: Anatomia comparata dei mammiferi domestici, 1980. Edagricole)

### **2.1.1.2. Tibia e Fibula**

Come il femore, anche la tibia è classificata come osso lungo, pari, formato da una estremità prossimale, una distale e da un corpo. Essa concorre alla formazione dello scheletro della gamba.

Sull'estremità prossimale si osservano tre tuberosità: una craniale per le inserzioni detta tuberosità tibiale, e due caudali, con fini articolari dette condili. I condili presentano una superficie articolare pianeggiante in rapporto con il femore, separate da due depressioni rugose, le aree intercondiloidee, una craniale ed una caudale. Tra di esse vi è l'eminanza intercondiloidea, interrotta da una depressione, l'area intercondiloidea centrale. Caudalmente l'incisura poplitea separa i due condili. Il condilo laterale, si articola esternamente con la fibula. La tuberosità tibiale è rivolta lateralmente e si continua sul corpo con la cresta tibiale.

Il corpo della tibia, nella parte prossimale ha forma di prisma a tre facce, mentre distalmente è cilindroide. Sulla faccia laterale c'è la fossa tibiale, mentre la faccia mediale è liscia.

Sull'estremità distale si trova la coclea tibiale che è la superficie articolare per l'astragalo. La coclea è compresa tra due tuberosità, i malleoli, uno laterale e uno mediale.

La fibula è distinta dalla tibia e vi si articola con l'estremità prossimale. Il corpo è appiattito trasversalmente, con il tratto mediale scanalato.<sup>6</sup>

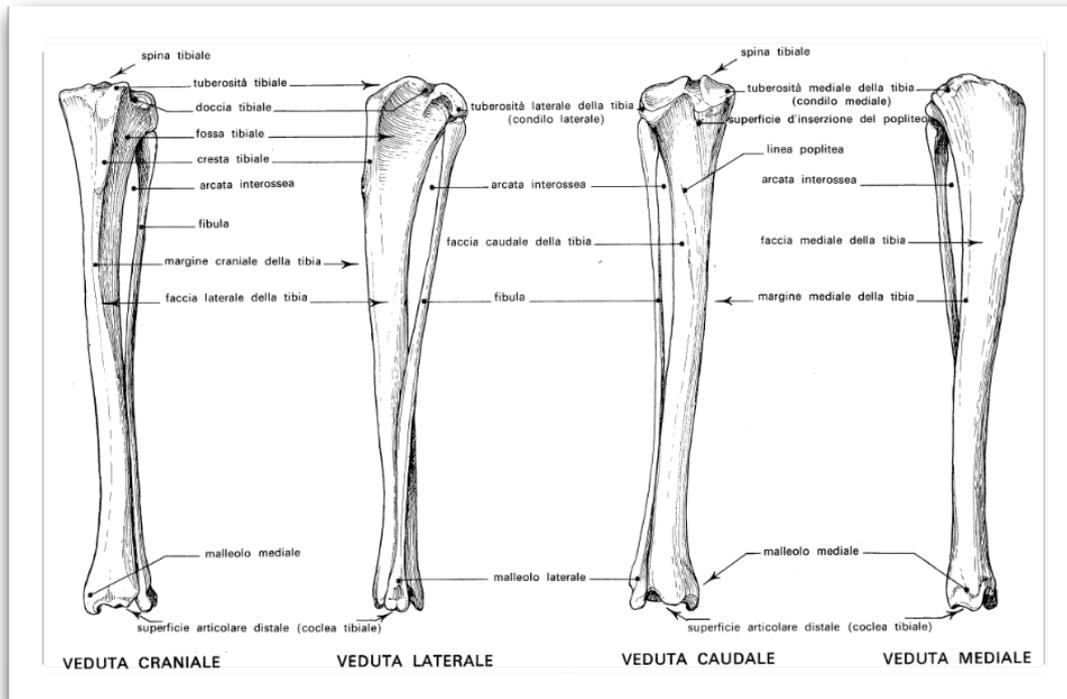


Figura 3: tibia e fibula sinistre di cane (Barone, Robert: *Anatomia comparata dei mammiferi domestici*, 1980. Edagricole)

### 2.1.1.3. Rotula

La rotula è un osso corto, situato davanti alla troclea femorale, con la quale si articola. Essa è alloggiata all'interno del tendine del muscolo quadricipite e scorre all'interno del solco trocleare femorale. Ha una forma ovalare, schiacciata in senso cranio-caudale, con una superficie concava (caudale) ed una convessa (craniale). La superficie caudale funge da faccia articolare.<sup>8,41</sup>

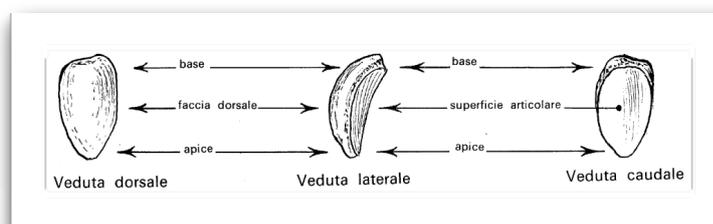


Figura 4: rotula sinistra di cane (Barone, Robert: Anatomia comparata dei mammiferi domestici, 1980. Edagricole)

### 2.1.1.4.Menischi

Le superfici articolari della tibia e del femore sono rappresentate dai condili femorali e dal piatto tibiale. Tali superfici non si raffrontano in maniera diretta, ma con l'interposizione di due menischi, uno laterale ed uno mediale. Sono strutture semilunari di consistenza fibro-cartilaginea. Essi trasformano la superficie articolare pianeggiante di un condilo della tibia in una cavità glenoidea, esattamente modellata sul condilo corrispondente del femore. I due legamenti menisco-tibiali, quello craniale e quello caudale, li ancorano al piatto tibiale. Il menisco laterale inoltre, è ancorato al femore tramite il legamento femorale. Il legamento intermeniscale è un importante punto di repere, sovrasta il punto di ancoraggio tibiale del crociato craniale ed unisce tra loro i legamenti menisco-tibiali craniali.<sup>8,41,61</sup>

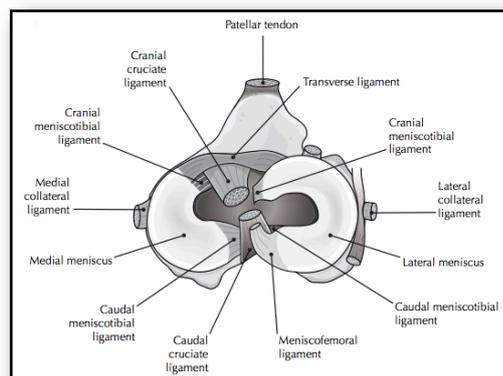


Figura 5: veduta prossimale del piatto tibiale di cane (Muir, Peter: *The canine cranial cruciate ligament*, 2010. ACVS Foundation)

### 2.1.1.5. Legamenti

I legamenti che concorrono alla stabilizzazione del ginocchio possono essere suddivisi in due gruppi: il gruppo dei legamenti femoro-tibiali e quello dei legamenti femoro-rotulei.

Il legamento collaterale mediale, il legamento collaterale laterale, il legamento crociato craniale ed il legamento crociato caudale vanno a costituire i legamenti femoro-tibiali. Il loro compito è quello di limitare i movimenti di intrarotazione e di traslazione craniale della tibia sul femore durante la flessione-estensione. I legamenti femoro-rotulei, invece, sono composti dai due retinacoli della patella e dal legamento della patella stessa.<sup>8,41</sup>

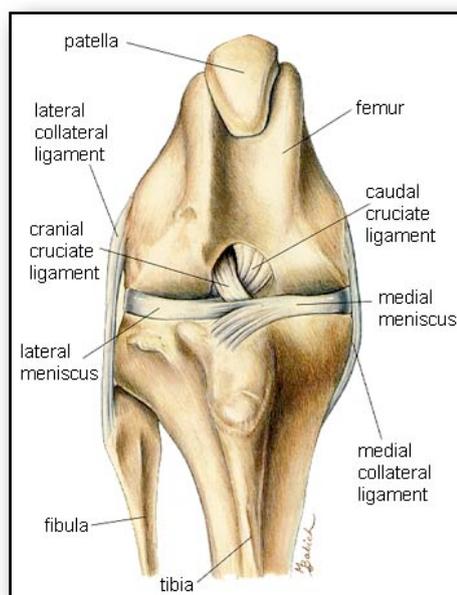


Figura 6: veduta craniale del ginocchio di cane (Hill's Atlas of Veterinary Clinical Anatomy, 2006. Veterinary Medicine Publishing Company, Inc.)

### **2.1.1.5.1. Legamento collaterale mediale e laterale**

I legamenti collaterali sono dei robusti fasci fibrosi extrarticolari, tesi tra i tubercoli legamentosi del femore e della tibia, uniti alla capsula articolare a cui forniscono supporto.

Il legamento collaterale laterale origina da un'area ovale, prossimale rispetto all'inserzione sull'epicondilo laterale del muscolo popliteo e si inserisce, dirigendosi caudo-distalmente, sul condilo laterale della tibia e, con una parte più grossa, sulla testa della fibula. E' separato dal menisco laterale attraverso il tendine di origine dal muscolo popliteo.

Il legamento collaterale mediale invece, origina da un'area ovale dell'epicondilo femorale mediale e al contrario del laterale, durante il suo decorso, si unisce al menisco mediale e alla capsula articolare, per poi fissarsi al condilo mediale della tibia.<sup>8,41</sup>

### **2.1.1.5.2. Legamenti crociati**

I legamenti crociati invece, sono due legamenti endoarticolari, ciascuno dei quali è suddiviso in due bande. Esiste un legamento crociato anteriore ed uno posteriore. Entrambi sono ricoperti da uno strato di membrana sinoviale che li mette in rapporto con il comparto ematico. Da un punto di vista istologico sono composti da fasci di fibre collagene, spessi 20 µm separati da colonne di cellule.<sup>8,41</sup>

#### **2.1.1.5.2.1. Legamento crociato posteriore (LCP)**

Il legamento crociato caudale (LCCa) o legamento crociato posteriore (LCP), origina all'interno della fossa intercondiloidea dalla porzione laterale del condilo mediale, e si porta caudo-distalmente fino all'area intercondiloidea caudale dell'incisura poplitea tibiale. Ha due componenti funzionali separate, dette bande,

con quella craniale lievemente più larga di quella caudale. La sua funzione è quella di fornire un contenimento secondario all'iperestensione della gamba e di limitare i movimenti in valgo e in varo a ginocchio flesso.<sup>5</sup>

#### **2.1.1.5.2.2. Legamento crociato anteriore (LCA)**

Il legamento crociato craniale (LCCr) o legamento crociato anteriore (LCA), prende origine dalla porzione mediale del condilo laterale del femore e si dirige disto-cranialmente verso la tibia, dove termina a livello della porzione cranio mediale. L'inserzione femorale del legamento crociato ha una forma semicircolare, con un contorno convesso in direzione caudale ed un limite anteriore di forma quasi conica. Le due bande che formano il legamento crociato craniale sono quella cranio-mediale e quella caudo-laterale. Ha una forma spiralizzata, e quando il ginocchio si flette, il legamento si torce su se stesso.

In caso di flessione del ginocchio, si compie una rotazione interna della tibia, mentre in estensione la tibia tende a ruotare verso l'esterno (lateralmente). Nel primo caso i due crociati iniziano a torcersi e limitano la rotazione interna della tibia, minore è invece la limitazione della rotazione esterna in estensione, cui contribuisce il LCA assieme al legamento collaterale laterale. Il crociato anteriore è completamente teso in estensione e si oppone proprio a questo tipo di forza. E' costituito da due componenti: un fascio cranio-mediale, più interno, con la funzione di limitare lo scorrimento in avanti della tibia rispetto al femore (definito "movimento del cassetto craniale") ed un fascio caudolaterale, più esterno, che controlla il movimento di rotazione interna della tibia. Il movimento in direzione posteriore della tibia sul femore è controllato dal legamento crociato posteriore. Il LCA, dunque, ha la funzione di:

- prevenire lo scivolamento in avanti della tibia;
- limitare l'estensione eccessiva del ginocchio;
- limitare la rotazione interna della tibia sul femore.<sup>12,31,52,58</sup>

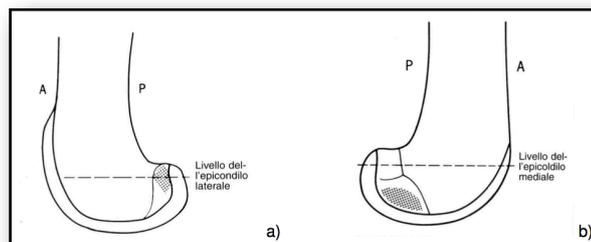


Figura 7: inserzione del legamento crociato anteriore (a), e del crociato posteriore (b), sugli epicondili femorali; (A) parete craniale; (P) parete caudale. (Arnoczky, S. P., e Marshall, J.L.: *The cruciate legaments of the canine stifle joint*, *Am. J. Vet. Res.*, 38:1807.1997)

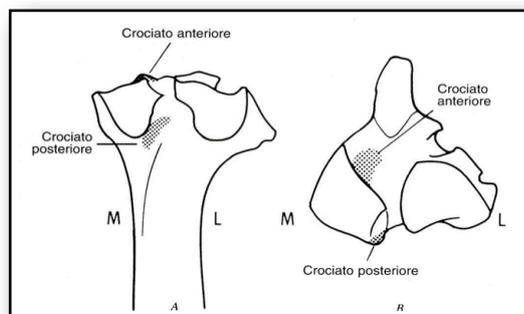


Figura 8: epifisi prossimale di tibia, vista caudale (A) e prossimale (B); in grigio le inserzioni tibiali del legamenti crociati, craniale e caudale; (M) porzione mediale; (L) porzione laterale. (Arnoczky, S. P., e Marshall, J.L.: *The cruciate legaments of the canine stifle joint*, *Am. J. Vet. Res.*, 38:1807.1997)

### **2.1.1.5.3. Legamenti femoro-rotulei**

I legamenti femoro-rotulei, sono composti dai due retinacoli della patella e dal legamento della patella stessa, che altro non è se non il tendine terminale del muscolo quadricipite femorale.

I retinacoli sono formati da un complesso di fibre connettivali che originano dai margini laterali della rotula, che si portano lateralmente e medialmente all'estremità distale del femore e ai condili della tibia. All'interno di queste strutture sono compresi i legamenti femoro-patellari laterale e mediale. Essi originano dalla lamina fasciale profonda per continuare poi ai lati, sulle ossa sesamoidee del gastrocnemio, inserendosi nella loro porzione terminale, sui bordi collaterali della rotula.

Il legamento della patella è il tendine terminale del muscolo quadricipite femorale che, passando davanti all'articolazione del ginocchio, incorpora la rotula.

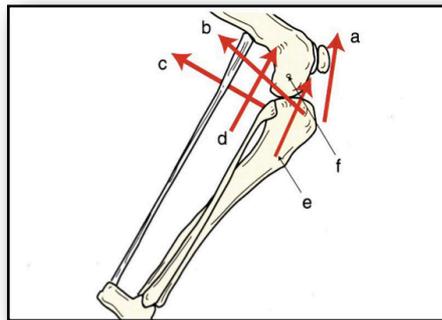
Tra il legamento e la capsula si trova il corpo adiposo infrapatellare.<sup>5,6,8,41,53</sup>

### **2.1.1.6. Capsula articolare**

La capsula articolare è costituita da tre sacchi intercomunicanti. Quelli laterali si trovano rispettivamente lateralmente e medialmente ai condili femorali e tibiali. Quello centrale, patellare, si stacca dalla fibrocartilagine parapatellare per inserirsi a pochi centimetri dalla troclea e prossimalmente si estende per pochi centimetri sotto il tendine tibio-rotuleo.<sup>5,6,8,41,53</sup>

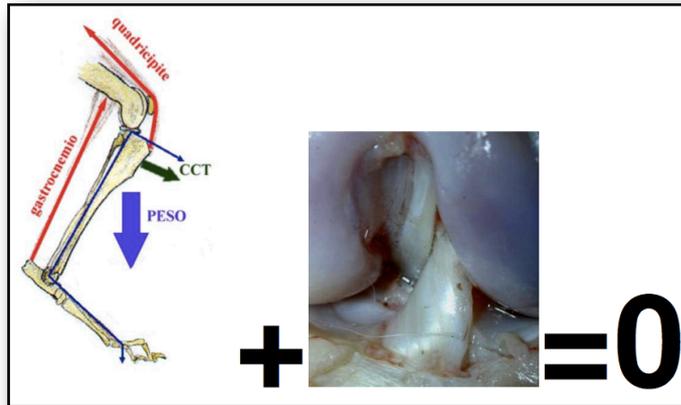
## 2.2. Biomeccanica del ginocchio

Il ginocchio del cane è una complessa articolazione la cui funzionalità-stabilità è resa possibile dall'interazione di legamenti, grandi gruppi muscolari, tessuti cartilaginei e strutture ossee.



*Figura 9: rappresentazione delle forze muscolari che agiscono a livello dell'articolazione del ginocchio; a) quadricipite femorale ed estensore lungo delle dita; b) bicipite femorale; c) pes anserinus; d) gastrocnemio; e) flessore superficiale delle dita; f) centro di rotazione del ginocchio (Martini, Filippo Maria: Patologie articolari nel cane e nel gatto, 2006. Poletto Editore)*

Alcuni autori ritengono che in questo sistema, il legamento crociato anteriore rivesta un ruolo di primo ordine.<sup>2,7</sup> Secondo Slocum, durante la fase di carico, si genera una forte forza compressiva tra il femore ed il piatto tibiale.<sup>54</sup> Tale forza non si trasmette su superfici perpendicolari tra loro, ma su piani inclinati (il piatto tibiale, sul quale si articola il femore, è inclinato caudalmente). Il carico ponderale tende quindi a far avanzare cranialmente la tibia. In un ginocchio stabile, questa forza viene compensata passivamente dal LCA ed attivamente dai gruppi muscolari. L'intensità di questa forza dipende da 2 fattori primari: il peso corporeo e l'inclinazione del piatto tibiale.<sup>17,54</sup> Sono stati condotti studi che hanno dimostrato come una incompetenza del LCA, porti ad un avanzamento della tibia nella fase di carico ponderale, e come non siano sufficienti le masse muscolari dell'arto pelvico ad evitare questo avanzamento.<sup>31,58</sup>



*Figura 10: le forze che agiscono sul ginocchio, associate ad un legamento crociato anteriore integro, sono in equilibrio. Il risultato è l'assenza della sub-lussazione craniale della tibia (Martini, Filippo Maria: Patologie articolari nel cane e nel gatto, 2006. Poletto Editore)*

Al legamento crociato posteriore è stato invece attribuito il ruolo di impedire una sublussazione caudale della tibia.<sup>12</sup> La letteratura è concorde nell'attribuire al LCA la funzione principale di impedire la sublussazione craniale della tibia e di limitare l'intrarotazione della tibia sul femore.<sup>52,54,55,66,71</sup>

## 2.3. Patologie conseguenti ad una incompetenza del legamento crociato anteriore

In Medicina Veterinaria, l'incompetenza del legamento crociato anteriore è una delle patologie di più frequente riscontro nella pratica clinica.<sup>17,70</sup> Un deficit legamentoso aumenta l'instabilità articolare. Questo porta ad uno stato infiammatorio che a sua volta evoca fenomeni degenerativi ed artrosici. Tutti questi fattori possono portare ad una grave limitazione dell'attività motoria del soggetto.<sup>17,52,54,55,66,71</sup>

### 2.3.1. Eziopatogenesi

Ad oggi la rottura del legamento crociato anteriore viene considerata una patologia multifattoriale,<sup>17,24,70</sup> le cui cause sono:

- genetiche;<sup>17,67,69</sup>
- malformazioni dell'arto posteriore;<sup>17,38,39,54,55</sup>
- l'inclinazione del piatto tibiale;<sup>17,38,39,54,55</sup>
- uno stile di vita sedentario;<sup>17,34,36,60</sup>
- il peso corporeo;<sup>5,17,22,60</sup>
- una mancata armonia nello sviluppo muscolare dell'arto posteriore;<sup>9,17,58</sup>
- artrite linfocitica-plasmocitaria.<sup>16,17,40</sup>

Esiste una componente genetica, studiata da Wilke<sup>69</sup> che nella razza Terranova ha dimostrato l'esistenza di un genotipo associato alla rottura del LCA. Non è ben chiaro se l'aspetto genetico influenzi direttamente il legamento stesso, oppure se ne guidi i fattori conformazionali.<sup>17,67,69</sup>

Sviluppi non corretti dell'apparato scheletrico dell'arto pelvico, sono direttamente correlati ad un aumento dell'incidenza di lesioni al LCA. Il ginocchio varo, al quale spesso sono associate altre patologie come la displasia d'anca, e l'intrarotazione tibiale, aumentano il grado di stress del crociato anteriore. Alla stessa maniera anche l'intrarotazione tibiale aumenta lo stress legamentoso. Ciò è dovuto al

fatto che il quadricipite femorale, durante la sua contrazione, non è più in asse con la tibia, costringendola ad una intrarotazione forzata, con conseguente sofferenza del legamento crociato. Questa situazione è direttamente correlata con il grado di lussazione rotulea.<sup>17,38,39,54,55</sup>

L'inclinazione del piatto tibiale, è direttamente proporzionale alla forza di avanzamento tibiale, più è inclinato, più stress riceve il LCA. In letteratura è stato dimostrata l'associazione tra la rottura del crociato anteriore ed un piatto tibiale molto inclinato, ma non il contrario.<sup>54,55,17,38,39</sup> E' stato invece dimostrato che un piatto tibiale molto inclinato, aumenta l'incidenza di rotture bilaterali del LCA.<sup>17,38,39,54,55</sup>

Lo squilibrio muscolare (gastrocnemio e quadricipite femorale), con la preponderanza di un gruppo muscolare su di un'altro, possono andare a modificare quelle che sono le intime forze in gioco a livello articolare, aumentando il carico sul comparto legamentoso. Questo fattore, assieme ad uno squilibrio vascolare locale e alla presenza di microtraumi, sono stati proposti come possibili cause di un indebolimento dell'ultrastruttura legamentosa, che può sfociare in una sua incompetenza.<sup>9,17,58</sup>

Una più o meno importante degenerazione del legamento può essere conseguenza di una artrite linfocitica-plasmocitaria a livello intrarticolare. La reazione autoimmune può portare ad una alterazione ultrastrutturale delle fibre collagene che compongono il LCA.<sup>16,17,40</sup>

Non bisogna sottovalutare lo stato di nutrizione, o BCS (Body Condition Score), del soggetto. Infatti un aumento del peso corporeo, aumenta la forza con la quale il femore preme sulla tibia facendola avanzare, aumentando di fatto il carico sottoposto al crociato.<sup>5,17,22,60</sup>

Infine il legamento crociato anteriore potrebbe essere lesionato da un trauma diretto, come una intrarotazione della tibia ad arto flessa, situazione non infrequente nei cani sportivi o da caccia.

### **2.3.2.Diagnosi**

In termini generali, ai fini di identificare un problema è fondamentale l'osservazione del paziente, sia fermo che in movimento, e notare i particolari atteggiamenti che assume e che possono già indirizzare verso la localizzazione della sede della patologia.

Le lesioni del LCA possono essere parziali o complete e presentarsi in maniera improvvisa o graduale. Cani con rotture acute presentano generalmente una zoppia improvvisa che può evidenziare un temporaneo e limitato miglioramento in seguito ad un trattamento conservativo (riposo e terapia antinfiammatoria). Tale miglioramento però, tende a ripresentarsi come zoppia cronica, associata al progressivo e ingravescente sviluppo di artrosi, con conseguente dolore e diminuzione dell'escursione articolare. I soggetti malati tendono a presentare una zoppia persistente, di grado variabile, fino al mancato appoggio dell'arto affetto. Tale atteggiamento può, a seconda della cronicità del problema, essere associato ad ipotono della muscolatura posteriore e mancata flessione del ginocchio, specie nella fase di seduta. Questo quadro può essere associato allo sviluppo compensatorio della muscolatura anteriore.

Sia in caso di rotture complete che parziali, gli animali non trattati sono destinati a sviluppare lesioni degenerative entro pochi mesi, con compromissione della qualità di vita dei soggetti, tanto più se di grossa mole o in sovrappeso.

Alla visita clinica si riscontra un certo grado di tumefazione del ginocchio ed un ispessimento del comparto interno articolare per fibrosi della capsula. Non è raro, flettendo ed estendendo il ginocchio, percepire uno schiocco, associato alla lesione meniscale. Alla flessione del ginocchio si può riscontrare, in casi avanzati, la presenza di crepitio, indicativo di artrosi. L'iperestensione del ginocchio, associata o meno a rotazione verso l'esterno, evoca notevole dolore, così come la palpazione profonda del comparto interno dell'articolazione, proprio in corrispondenza del menisco.

Oltre all'esame del cane in posizione seduta (sit test), due manualità che possono contribuire alla diagnosi sono il cosiddetto "test del cassetto anteriore" ed il "test di compressione tibiale". Entrambi i test valutano l'instabilità del ginocchio,

amplificando il movimento di scivolamento della tibia sul femore, movimento che dovrebbe essere ostacolato proprio dal legamento crociato integro. Tuttavia la positività al test del cassetto è diagnostica solo nel 30 % dei casi, in quanto, in pazienti con problemi cronici, i tessuti che circondano l'articolazione si ispessiscono e diventano meno elastici, simulando un'apparente stabilità. L'esame radiografico può essere di supporto alla visita clinica e permette di evidenziare lo stato infiammatorio articolare e le eventuali alterazioni artrosiche.

Di fondamentale importanza risulta la valutazione clinica e radiografica dell'allineamento dell'intero arto. Difetti di conformazione, come torsione di femore e/ o tibia, associati a varismo o valgismo degli stessi, possono determinare stress sulle strutture legamentose e progressivo indebolimento, fino al completo cedimento.

Non si deve, infine, trascurare la possibilità che un cane possa presentare di frequente la rottura del legamento crociato craniale di entrambe le ginocchia: nel 40 % circa dei soggetti, infatti, entro un anno si verifica la rottura del LCA dell'altro arto. Questa particolare situazione rende più difficile la visita clinica, in quanto viene a mancare il confronto con l'arto controlaterale sano.

### **2.3.2.1.Sit Test**

Questo test valuta la posizione di seduto del paziente. Si inizia chiedendo al proprietario di far sedere l'animale. Un cane sano si siede flettendo completamente il ginocchio, in modo che il calcaneo risulti in contatto con la tuberosità ischiatica. Il tarso è sufficientemente flessso e appoggia sulla parte posteriore della coscia. Il sit test è considerato positivo se il paziente rimane in posizione semi-seduta, mantenendo una certa distanza tra calcaneo e tuberosità ischiatica. Questo atteggiamento è particolarmente evidente nei cani ben addestrati, mentre in quelli meno preparati la seduta tende ad essere eseguita mantenendo il ginocchio e il garretto in estensione. I soggetti con patologia cronica possono mantenere il ginocchio quasi completamente esteso. I pazienti con rottura parziale o recente del LCA spesso si siedono correttamente al primo comando, ma in breve tempo spostano il peso sul lato controlaterale, per poter estendere il ginocchio. Nel

momento in cui il cane si alza per tornare in stazione quadrupedale, spesso sposta il peso sugli arti anteriori, piuttosto che semplicemente estendere gli arti posteriori, in modo da ridurre la tensione del quadricipite e le sollecitazioni sul ginocchio infiammato.<sup>37</sup>



*Figura 11: sit test positivo (a sinistra); sit test negativo (a destra)*

### **2.3.2.2. Test del cassetto**

Questo test viene eseguito per valutare il grado di lussazione craniale della tibia sul femore.

Il test del cassetto craniale viene eseguito con il paziente in decubito sul lato opposto rispetto a quello dell'arto da esaminare, e con il ginocchio nella posizione di stazione (leggera flessione). Si pone l'indice sulla rotula e il pollice in corrispondenza del sesamoide laterale, mentre si posiziona l'indice della mano opposta sulla cresta tibiale ed il pollice sulla testa della fibula. A questo punto, tenendo fermo il femore, si esercita una forza in direzione craniale sulla tibia, cercando di determinarne la traslazione rispetto al femore. Il test è detto positivo quando la tibia avanza cranialmente. Un segno del cassetto nettamente positivo è inconfondibile ed è patognomonico di una rottura del LCA.

La tibia, scorrendo in direzione craniale, permette al condilo femorale mediale di schiacciare il menisco mediale. Se questa situazione permane, è possibile che il corno caudale del menisco subisca una lacerazione a “manico di secchio”, in cui la porzione libera può dislocarsi cranialmente, bloccando il condilo nella sua posizione. In questo caso il segno del cassetto non è più evocabile.

Il test del cassetto deve essere eseguito sull'animale rilassato, sedato o anestetizzato, perchè un cane ansioso o in preda al dolore, contraendo i muscoli della coscia, può stabilizzare il ginocchio con possibili risultati falsi negativi. Altra possibile causa di falsa negatività al test, è la presenza di fibrosi periarticolare conseguente ad una rottura remota del LCA; tale fibrosi può stabilizza l'articolazione, invalidando il test.

Gli animali giovani presentano fisiologicamente un certo grado di lassità articolare, che può essere difficile da discriminare rispetto ad una lassità patologica. Per questo motivo il ginocchio interessato deve sempre confrontato con il controlaterale.

Nella rottura completa, quando si effettua il test del cassetto, c'è un punto finale “morbido”, dovuto alla limitazione della dislocazione da parte delle strutture periarticolari. Nei casi di lacerazione parziale, quando è coinvolta solo la branca cranio-mediale, inizialmente si apprezza lieve lassità, con traslazione craniale di soli 1-2 mm, seguita da brusco arresto del cassetto, perchè i residui del LCA intatto entrano in tensione causando un punto finale “duro”. In questi casi il test del cassetto è raramente rilevabile con il ginocchio in estensione ed è necessario flettere l'articolazione ad almeno 60° per ottenere il movimento. A ginocchio esteso la banda caudo-laterale, intatta, rimane in tensione; ma se si flette l'articolazione essa si rilassa, mostrando la rottura della banda cranio-mediale.<sup>37</sup>

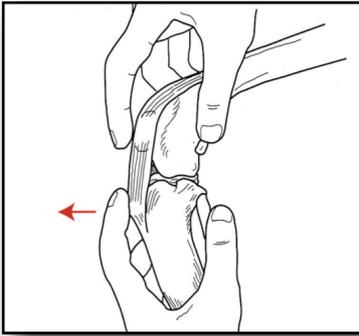


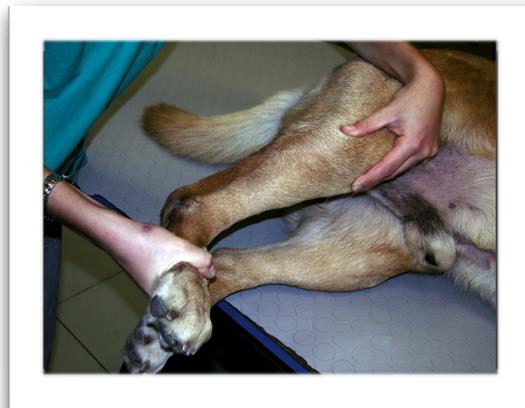
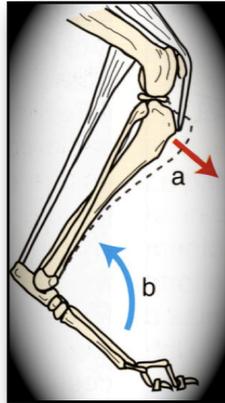
Figura 12: test del cassetto. Con il femore tenuto fermo si imprime alla tibia una forza in direzione craniale

### 2.3.2.3. Test di compressione tibiale

Questo test evidenzia il movimento craniale della tibia rispetto al femore, dovuto alle forze muscolari che si sviluppano quando il garretto viene flesso.

Il test viene eseguito con il paziente in decubito laterale, ponendo l'indice di una mano lungo la cresta tibiale, mentre il pollice e le altre dita afferrano la porzione distale del femore. Con l'indice si applica una pressione sulla cresta tibiale in direzione caudale, per apprezzare lo spostamento della tibia. Con l'altra mano si afferra il piede e si flette ed estende il garretto. In caso di rottura del LCA, la contrazione del muscolo gastrocnemio, stimolata dal movimento del garretto, dà inizio al meccanismo di compressione tibiale e consente la traslazione craniale della tibia rispetto al femore. Anche con questo test la presenza di fibrosi periarticolare rende possibile falsi risultati negativi.

Può succedere che il test di compressione tibiale esiti in un falso negativo. Non sempre infatti la forza che il medico imprime al gastrocnemio è sufficiente per provocare una compressione tibiale tale da causare una traslazione craniale della tibia.<sup>37</sup>



*Figura 13: test di compressione tibiale*

#### **2.3.2.4. Esame radiografico**

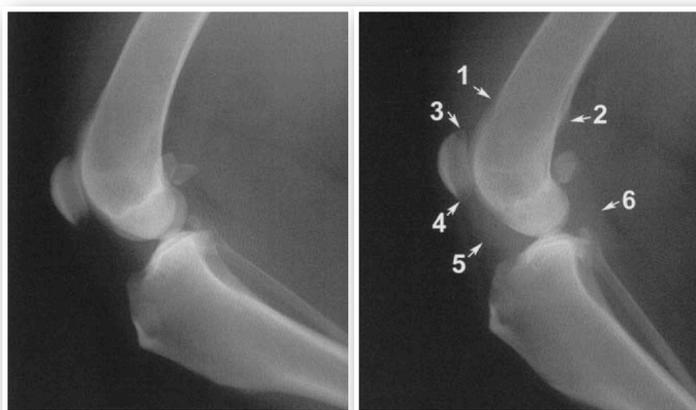
In medicina veterinaria la radiografia è stata la prima tecnica di diagnostica per immagini utilizzata come supporto dell'esame clinico in caso di rottura del LCA. Ancora oggi l'esame radiografico rappresenta l'esame strumentale di primo livello per la valutazione di questa patologia, eventualmente integrato da altre tecniche di imaging.

Generalmente l'esame radiografico del ginocchio si esegue per integrare la prognosi e per programmare la terapia, in quanto la diagnosi di rottura del LCA nel

cane è prevalentemente clinica. Esso consente di documentare l'instabilità articolare e di valutare, entro certi limiti, non solo i segni di lesione inveterata a carico dei tessuti ossei, ma anche quelli a carico di alcuni tessuti molli.

Lo studio radiografico del ginocchio si esegue con tecnica diretta, senza l'uso della griglia anti diffusione. Talvolta può essere necessario effettuare l'esame anche dell'arto controlaterale per identificare più facilmente, tramite confronto, lesioni di piccola entità sull'arto interessato. Generalmente, il protocollo radiografico per la rottura del LCA prevede l'utilizzo di due proiezioni ortogonali standard, la medio-laterale neutra e la cranio-caudale o la caudo-craniale. La proiezione ML standard o neutra si ottiene posizionando il paziente in decubito laterale sul lato interessato, con ginocchio in posizione neutra (con angolo di flessione di circa 135°). Il fascio radiogeno è puntato sulla parte centrale della faccia mediale dell'articolazione, mentre l'arto controlaterale viene abdotto, oppure esteso e spostato cranialmente, in modo da rimanere al di fuori della finestra di esposizione.<sup>49</sup>

In seguito ad una rottura recente del LCA, a volte è possibile osservare lo slittamento craniale dell'epifisi prossimale tibiale rispetto a quella distale del femore. Nelle fasi acute, oltre alla dislocazione tibiale, si può osservare la distensione della capsula articolare con obliterazione parziale o totale del cuscinetto adiposo infrapatellare e del recesso caudale del ginocchio (figura 14).



*Figura 14: proiezione ML ginocchio sinistro sano (sinistra); proiezione ML ginocchio destro patologico (destra). È possibile osservare lievi irregolarità del profilo della corticale in corrispondenza dei recessi prossimali craniali (1) e caudali (2), aree di osteorarefazione sugli apici prossimale (3) e distale (4) della rotula, obliterazione del cuscinetto adiposo craniale (5) e del recesso caudale (6) causato dalla distensione sinoviale articolare (Modificato da Crovace et al., 2005)*

Negli animali più giovani, con lesione da avulsione, è possibile evidenziare direttamente anche il frammento osseo.<sup>62,63</sup> Quando l'instabilità articolare, secondaria alla rottura del LCA, è ormai cronica, diventano evidenti i segni radiografici dell'artropatia degenerativa, rappresentati da osteofiti ed enteseofiti.

Gli osteofiti (figura 15) sono il risultato dell'ossificazione di condrofiti, che si formano a partire da cellule mesenchimali pluripotenti, localizzati lungo il margine osteocondrale. Questi cominciano a formarsi a partire già dal terzo giorno dopo la lesione, ma è possibile evidenziarli radiograficamente solo a distanza di 3 settimane, quando sono sufficientemente mineralizzati.<sup>68</sup>



*Figura 15: quadro di artropatia secondaria grave. Proiezione ML (sinistra); proiezione CrCd (destra) (Modificato da Crovace et al., 2005)*

L'osteofitosi periarticolare compare inizialmente in corrispondenza dei recessi prossimali e sull'apice distale della rotula, in seguito sui profili delle fabelle e dei condili femorali e tibiali.<sup>49</sup> Gli enteseofiti si possono osservare prevalentemente lungo il margine medio prossimale e la parte craniale della tibia.<sup>68</sup>

A causa della complessità dell'articolazione del ginocchio, della sovrapposizione delle diverse strutture e della scarsa risoluzione di contrasto dell'esame radiografico, le lesioni cartilaginee, localizzate sulla superficie più interna dei condili laterale e mediale del femore, non possono essere evidenziati, così come

le cisti subcondrali. Anche l'assottigliamento della cartilagine articolare e lesioni meniscali possono essere solo sospettati in caso di restringimento dello spazio articolare femoro-tibiale e femoro-rotuleo.<sup>49</sup>

Per documentare l'instabilità articolare, può essere di grande ausilio l'esecuzione di una radiografia in ML sotto stress. La proiezione ML del ginocchio sotto stress si esegue ponendo il paziente in decubito laterale e, mantenendo l'articolazione femoro-tibio-rotulea a 90°, si esercita il test di compressione tibiale (figura 16).<sup>13,14</sup>



*Figura 16: proiezione ML neutra (sinistra); proiezione ML sotto stress (destra). Difficilmente lo slittamento craniale della tibia è visibile nella proiezione ML neutra. Pertanto è necessario eseguire una proiezione ML sotto stress, cioè mentre si esegue una manovra di compressione tibiale. Si noti, inoltre, il distanziamento caudale del sesamoide del popliteo (freccia) (Modificato da Crovace et al., 2005)*

### **2.3.3. Diagnosi differenziale tra incompetenza del legamento crociato anteriore (LCA) ed incompetenza del legamento crociato posteriore (LCP)**

Per quanto l'incidenza della rottura del legamento crociato posteriore sia di gran lunga inferiore a quella del crociato anteriore (un caso ogni 100-150),<sup>64,65</sup> è piuttosto comune l'errore di attribuire il segno del cassetto positivo al LCA invece che al LCP.

Nella valutazione del segno del cassetto, occorre valutare se la tibia ha libertà di sublussarsi cranialmente con stop caudale evidente (rottura del LCA), o caudalmente con stop craniale evidente (rottura del LCP). Il test del cassetto risulta positivo in entrambe le condizioni, nella prima perché sublussa cranialmente la tibia e nella seconda perché la riporta in sede dalla posizione di lussazione caudale in cui si trovava.

In questo senso si può essere aiutati dall'esame radiografico in proiezione medio-laterale, a condili sovrapposti: nella lesione del LCA la tibia si presenta sublussata cranialmente, mentre nella lesione del LCP la tibia si presenta sublussata caudalmente.

L'ispezione articolare mediante artroscopio, inoltre, permette la visualizzazione diretta della struttura legamentosa lesionata.

E' molto importante discriminare quale dei due legamenti sia coinvolto nella lesione, perché un erraneo trattamento chirurgico, non farebbe altro che aggravarne la sintomatologia.

Ci sono altre 2 patologie che possono mimare la sintomatologia della rottura del legamento crociato anteriore: l'osteocondrite dissecante (OCD) e la lussazione di rotula.

I postumi dell'OCD del condilo femorale, generalmente il laterale, possono simulare una condizione di lesione del LCA o possono talvolta coesistere. In caso di coesistenza la TPLO permette di ridurre il carico sul condilo affetto dai postumi di OCD con una varizzazione del piatto tibiale, in caso di interessamento del condilo laterale, e di valgizzazione, in caso di interessamento del condilo mediale.

Anche in caso di lussazione della rotula, specie se cronica, può risultare difficile la differenziazione, e non bisogna escludere a priori la possibilità della coesistenza delle 2 patologie.<sup>65</sup>

### **2.3.4.Trattamento**

La rottura del LCA richiede generalmente un intervento chirurgico teso a stabilizzare il ginocchio e a contrastare la sublussazione craniale della tibia.

Nei cani di piccola taglia e nei gatti può essere accettabile anche un trattamento conservativo, ma anche in questi animali, se in sovrappeso, è necessario un trattamento chirurgico.

I trattamenti chirurgici si distinguono in due categorie, quelli che mirano alla ricostruzione del legamento con tecniche intra o extra capsulari e quelli biomeccanici, che vanno a stabilizzare il ginocchio, pur in assenza del LCA, modificandone la distribuzione delle forze.<sup>37,64,65</sup>

#### **2.3.4.1.Conservativo**

L'approccio conservativo, al fine di ridurre il dolore articolare, prevede rigoroso confinamento dell'animale, associato ad un breve ciclo di terapia con FANS. La terapia conservativa può dare risultati accettabili in cani di peso corporeo inferiore ai 15 kg. Mentre in pazienti di peso superiore si è osservato un miglioramento clinico in appena il 20 % dei soggetti.<sup>37</sup>

#### **2.3.4.2.Chirurgico**

Le metodiche chirurgiche sono state tradizionalmene suddivise in tre grandi classi: intrarticolari (o intracapsulari), extrarticolari (o extracapsulari) e biomeccaniche.

Le prime tendono al ripristino della stabilità articolare attraverso la ricostruzione del LCA. Le seconde invece, stabilizzano l'articolazione tramite l'applicazione di

suture extracapsulari che si “sostituiscono” nell’azione di contenimento passivo operato dal LCA. Le tecniche biomeccaniche sono mirate alla trasformazione delle geometrie articolari, così da rendere non più necessaria la presenza del LCA.<sup>37</sup>

#### **2.3.4.2.1. Intracapsulari**

La prima di questo tipo fu proposta da Paatsama negli anni cinquanta. Prevedeva la ricostruzione del LCA tramite l’impiego di una striscia di fascia lata inserita in fori praticati nell’epifisi distale del femore e nell’epifisi prossimale della tibia, seguendo il decorso anatomico del legamento. In seguito, Arnoczky descrisse la tecnica “over-the-top”, basata sull’utilizzo di una protesi, costituita da una porzione di legamento patellare, di rotula e di fascia lata, che attraversava l’articolazione in senso prossimo-caudale, fuoriuscendo dalla regione intercondiloidea e veniva poi suturata al periostio dell’epicondilo laterale del femore. Nel corso degli anni, sono state ideate e descritte numerose variazioni delle tecniche, alcune implicanti l’ottenimento dell’innesto da parte di differenti componenti tissutali, altre presentavano variazioni nel passaggio e nell’orientamento della protesi all’interno delle strutture articolari. Una di queste è la tecnica “under-and-over”, nella quale la banderella di fascia lata viene prima introdotta al di sotto del legamento intermeniscale, poi direzionata in maniera analoga alla tecnica “over-the-top”. Arnoczky ha dimostrato che a dodici mesi dall’intervento chirurgico, l’autoinnesto assume l’aspetto istologico simile a quello di un LCA normale.<sup>3</sup> Purtroppo questo processo è lento e al suo interno si realizzano fasi di trasformazione legamentosa che ne variano la tenuta cinetica, esponendolo a possibili rotture. Numerosi studi successivi hanno sperimentato l’utilizzo di materiali sintetici, con l’obiettivo di ridurre il periodo di vulnerabilità postoperatoria, tipico delle situazioni con strutture autologhe, ma nessuno dei materiali impiegati ha dimostrato caratteristiche di resistenza al carico ed all’usura idonee allo scopo.<sup>37</sup>

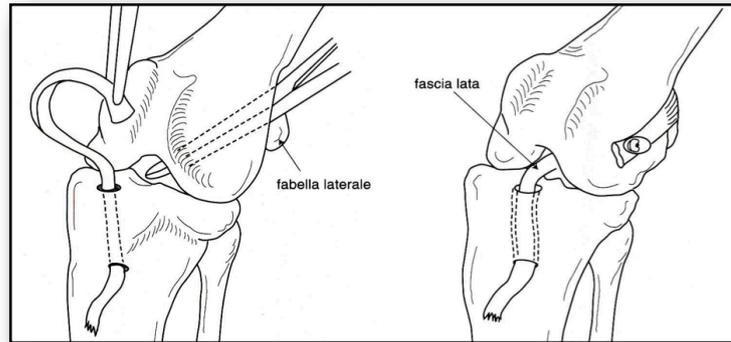


Figura 17: Tecnica di ricostruzione intracapsulare del legamento crociato craniale utilizzando una porzione di fascia lata. (Martini, Filippo Maria: *Patologie articolari nel cane e nel gatto*, 2006. Poletto Editore)

#### 2.3.4.2.2.Extracapsulari

Le metodiche extracapsulari, pur non mimando il percorso del legamento lesionato, prevengono lo scivolamento craniale della tibia grazie al posizionamento di materiale di contenimento sintetico. Una delle prime tecniche descritte fu quella di De Angelis e Lau, nel 1970, caratterizzata dall'applicazione di una sutura con materiale non riassorbibile tra la fabella laterale ed il legamento patellare. Successive modifiche hanno previsto o il passaggio del filo in un tunnel praticato nella cresta tibiale, oppure l'applicazione di tre suture fabello-tibiali, due laterali ed una mediale. Queste tecniche offrono una buona stabilità articolare nel breve termine. Nel lungo periodo, invece, le protesi tendono a cedere alle sollecitazioni meccaniche a cui sono fisiologicamente sottoposte, e si ritiene che la loro funzione venga successivamente svolta da sistemi di stabilizzazione secondari (fenomeni di fibrosi capsulare e pericapsulare). Il cedimento precoce della protesi o l'insufficiente stabilità, rappresentano le più frequenti complicanze associate a tali tecniche. Una tecnica extracapsulare che non prevede il ricorso a protesi sintetiche, è la trasposizione della testa della fibula, proposta da Smith e Torg, nel 1985.<sup>56</sup> Questa procedura prevede la trasposizione craniale della testa della fibula e quindi, dell'inserzione distale del legamento collaterale laterale. In tal modo il legamento assume una direzione simile a quella del LCA, impedendo la traslazione craniale e l'intrarotazione della tibia.<sup>37</sup>

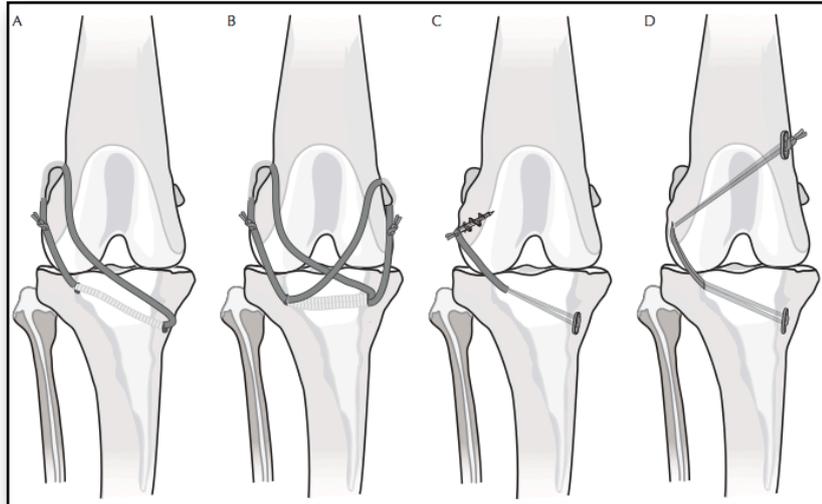


Figura 18: tecniche di stabilizzazione extracapsulare; A) lateral femorotibial suture (LFTS); B) modified resistenzatinacular imbrication technique (MRIT); C) lateral suture anchor technique (LSA); D) TightRope (TR).

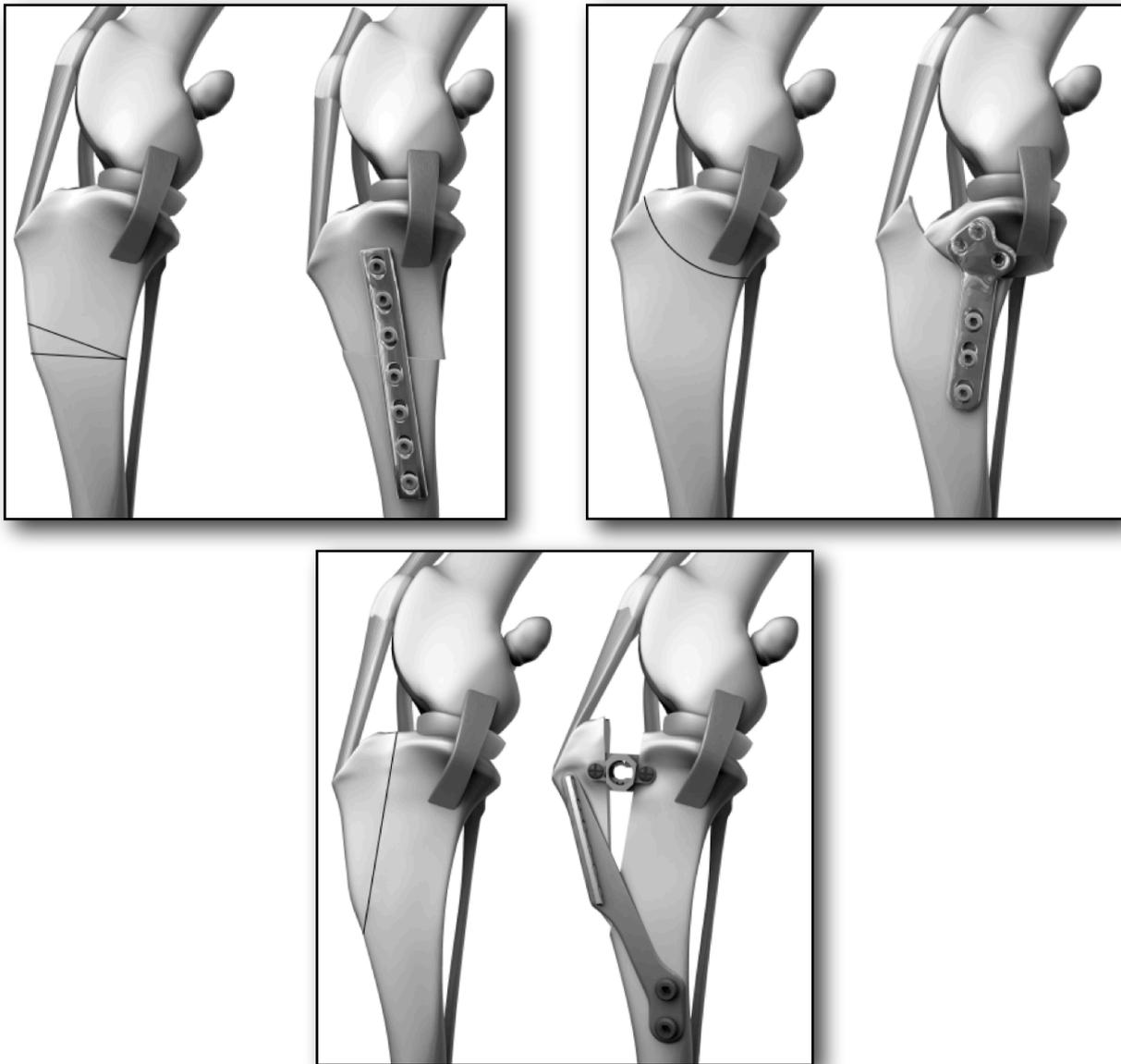
Copyright © Samantha J. Elmhurst at [www.livingart.org.uk](http://www.livingart.org.uk).

### 2.3.4.2.3. Tecniche biomeccaniche

Fu Slocum uno dei padri di queste tecniche. Egli propose l'idea di non opporsi alle forze che stressano il LCA semplicemente opponendo dei materiali sempre più robusti, ma di annullarle cambiando la geometria interna dell'articolazione stessa. Questo può essere fatto modificando i gradi di inclinazione del piatto tibiale. Egli descrisse dapprima l'osteotomia cuneiforme della tibia, la TWO (Tibial Wedge Osteotomy) e poi, negli anni '90, l'osteotomia livellante del piatto tibiale, la TPLO (Tibial Plateau Leveling Osteotomy). La TWO, per quanto abbandonata da Slocum a favore della TPLO, fu poi utilizzata da molti chirurghi negli anni '90, quando la TPLO, essendo brevettata, richiedeva un corso obbligatorio per poter essere eseguita. Dal 2002, con l'estinzione del brevetto, la TPLO si è sempre più diffusa anche tra coloro che eseguivano la TWO in quanto questa era associata ad una maggior incidenza di complicazioni. Mentre la TPLO comporta una osteotomia parziale della tibia (solo del piatto, risparmiando la tuberosità tibiale), la TWO comporta una osteotomia completa della tibia e quindi la fissazione dell'osteotomia è sottoposta a maggior rischio di cedimento. La correzione, inoltre, dell'inclinazione, è molto più precisa con la TPLO

che non con la TWO, dove lo spessore dell'osteotomia può influire sul grado di correzione eseguita. Più recentemente, negli anni 2000, Tepic e Montavon hanno ideato una nuova tecnica, la TTA (Tibial Tuberosity Advancement), che si propone di ottenere la stessa stabilizzazione articolare della TPLO, ma agendo sullo spostamento craniale dell'inserzione del legamento patellare. Gli studi biomeccanici più recenti hanno evidenziato come la risultante delle forze che si scaricano tra il condilo femorale ed il piatto tibiale, dovute all'interazione dei muscoli estensori e flessori della coscia e della gamba, sia sostanzialmente parallela al legamento patellare. Quando il plateau tibiale è perpendicolare al legamento patellare, non si creano forze di spinta della tibia, né craniali verso il LCA, né caudali verso il LCP; quando invece quest'angolo è superiore a  $90^\circ$  si esplica una forza di spinta craniale e quando inferiore una forza di spinta caudale. Il rapporto tra il plateau tibiale ed il legamento patellare è influenzato, oltre che dall'inclinazione anatomica del piatto rispetto all'asse della tibia, anche dall'angolo di apertura del ginocchio: più è aperto quest'angolo (zampa diritta), più aumenta l'angolo tra plateau e patellare, causando un aumento della spinta craniale. Questa spinta può essere neutralizzata riducendo l'inclinazione del plateau tibiale con la TPLO ( si ritiene che un angolo compreso tra i  $5^\circ$  e i  $7^\circ$  sia sufficiente per annullare la spinta craniale), oppure avanzando l'inserzione del legamento patellare, in modo da riportare verso il valore neutro di  $90^\circ$  il rapporto tra patellare e plateau tibiale. La tecnica consiste in una osteotomia della tuberosità tibiale, nel suo avanzamento mantenuto con appositi spaziatori e con la fissazione della tuberosità alla tibia mediante una sottile placca provvista di punte che si agganciano alla tuberosità stessa. L'intervento di TTA ha il vantaggio, rispetto alla TPLO e alla TWO, di essere meno invasiva, in quanto non interrompe la colonna ossea della tibia, e di permettere una guarigione più rapida. Nel 2006, Bruce, in Australia, ha descritto la TTO (Triple Tibial Osteotomy), una tecnica mista tra TTA e TWO. La TTO consiste in una osteotomia della tuberosità tibiale come nella TTA ed in una seconda osteotomia a cuneo sotto il plateau tibiale; il livellamento craniale del plateau, una volta rimosso il cuneo osseo, spinge la cresta tibiale in avanti. Nuova evoluzione della TTA è rappresentata dalla cTTA (circular Tibial Tuberosity Advancement), tecnica proposta da Petazzoni nel 2010, che sostituisce la linea

osteotomica retta con una osteotomia curva, andando così a proporre un'intervento ibrido fra le tecniche TTA e TPLO.<sup>64,43</sup>



*Figura 19: posizionamento della linea osteotomica ed immagine post operatoria di: CTWO, Cranial Tibial Wedge Osteotomy (in alto a sinistra); TPLO, Tibial Plateau Leveling Osteotomy (in alto a destra); TTA, tibial tuberosity advancement (in basso). (Kim et al. 2008)*

#### **2.3.4.2.3.1.Trattamento meniscale**

La meniscal release (liberazione del corno posteriore del menisco mediale) fu proposta da Slocum per evitare quelle lesioni postume del menisco che aveva osservato con una certa incidenza dopo TPLO.

Mentre durante il carico ponderale la TPLO evita la spinta craniale della tibia, ciò non avviene in quelle fasi durante le quali il cane si siede o si alza. In queste situazioni la tibia può scivolare cranialmente ed il condilo femorale può lesionare il menisco. Scopo del meniscal release è proprio quello di evitare lesioni meniscali in queste 2 fasi.

Gli studi più recenti,<sup>48</sup> però, hanno dimostrato che la sezione del menisco comporta una maggior sollecitazione della cartilagine articolare del condilo femorale e del plateau tibiale in quanto viene a mancare l'effetto ammortizzatore del menisco. Occorre pertanto soppesare tra il rischio di una maggior sofferenza articolare eseguendo la meniscal release ed il rischio di dover reintervenire per una successiva lesione meniscale.

#### **2.3.4.3.Scelta della tecnica più appropriata**

Come abbiamo visto ci sono numerose tecniche applicabili per la rottura del legamento crociato anteriore. Non esiste una tecnica in assoluto migliore delle altre, in quanto ognuna di esse ha dei punti di forza e dei punti deboli. Oltre alle preferenze che ciascun chirurgo nutre per una delle tecniche descritte, è possibile individuare di volta in volta la tecnica più adeguata, in relazione ai diversi fattori che caratterizzano ciascun paziente. E' importante differenziare tra rottura traumatica e rottura non traumatica, la taglia, la conformazione del cane, l'inclinazione del piatto tibiale, le aspettative funzionali e l'affidabilità della gestione post operatoria.

Le tecniche tradizionali, se ben eseguite, trovano indicazione in cani di piccola e media taglia, con rottura traumatica e recente del legamento, senza alterazioni della biomeccanica articolare e senza inclinazioni eccessive del piatto tibiale (non

deve essere maggiore di 27°). Anche nei cani di taglia grande, nelle stesse condizioni di rottura traumatica e senza alterazioni biomeccaniche, questa tecnica può dare buoni risultati, purché venga utilizzato materiale di adeguata resistenza ed il post operatorio sia seguito con scrupolo.

Nei cani con rottura non traumatica, dovuta ad alterazioni biomeccaniche e con lesioni bilaterali e croniche, sono più indicate le tecniche biomeccaniche. Tra queste la TPLO e la TTA, hanno minor rischio di complicazioni e fallimenti rispetto alla TWO e alla TTO.<sup>64,65</sup>

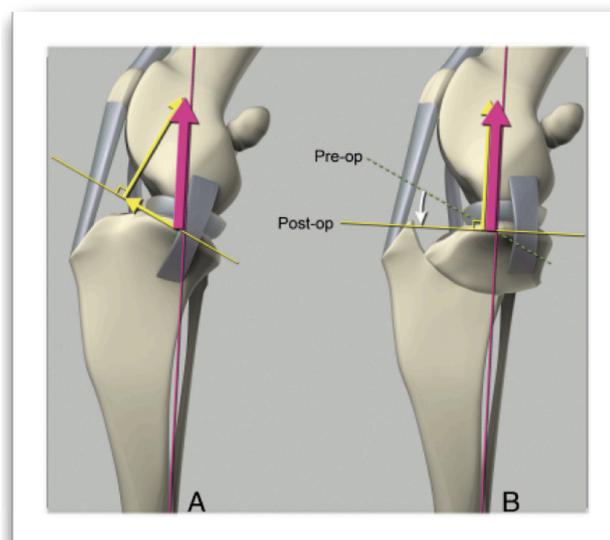
La TTA può essere la prima scelta, vista la sua minor invasività, in quelle condizioni in cui non sono richieste correzioni dell'allineamento della tibia, e in cui il piatto tibiale non è eccessivamente inclinato (< 25°-27°).

La TPLO è la miglior soluzione in caso di inclinazioni eccessive del plateau tibiale e, a differenza della precedente, permette di eseguire anche delle correzioni dell'allineamento della tibia (valgo, varo, torsione interna od esterna del piede). Qualora le condizioni della gestione post-operatoria non siano ottimali, la TPLO comporta minor rischio di cedimento degli impianti rispetto alla TTA. Nei cani con tibia stretta la TTA rappresenta la correzione più indicata, mentre nei cani con tibia larga è più funzionale la TPLO.<sup>64,65</sup>

## 2.4.TPLO (Tibial Plateau Leveling Osteotomy).

### Osteotomia livellante del piatto tibiale

Tecnica operatoria che pone l'attenzione sull'aspetto biomeccanico dell'articolazione del ginocchio. Essa ha lo scopo di andare a modificare gli angoli articolari attraverso una osteotomia curvilinea della cresta tibiale, così da non rendere più necessaria la presenza del legamento crociato anteriore nell'impedire l'avanzamento craniale della tibia, il Cranial Tibial Thrust, durante il carico ponderale.



*Figura 20: forza di reazione articolare al carico ponderale (freccia color magenta). Questa forza è parallela all'asse longitudinale della tibia. In un ginocchio con incompetenza del legamento crociato craniale (A), la forza di reazione articolare viene scomposta in due componenti, una parallela al piatto tibiale ed una perpendicolare al piatto tibiale. Questo porta ad un avanzamento craniale della tibia rispetto al femore. In seguito a TPLO (B), la forza di reazione articolare al carico ponderale si trova ad essere perpendicolare al piatto tibiale, annullando l'avanzamento craniale della tibia sul femore. (Kim et al. 2008)*

#### 2.4.1.Misurazione dell'inclinazione del piatto tibiale pre operatorio

Per annullare l'effetto di CTT (Cranial Tibial Thrust) in maniera passiva, è necessario che l'inclinazione del piatto tibiale (slope), sia compreso tra 5 e 7°.<sup>29</sup>

Per misurare tale slope, bisogna eseguire una radiografia della tibia in proiezione medio laterale standard. Su tale radiografia si disegna l'asse meccanico tibiale sul piano sagittale che è descritto da una linea retta che va ad unire il centro dell'astragalo, con il punto medio tra l'eminanza intercondiloidea mediale e quella laterale della tibia (figura 21).<sup>29,44,54,55</sup>

In seguito bisogna tracciare l'asse di orientamento articolare sul piano sagittale, che è una linea retta, tangente alla precedente, e passante tra i 2 punti che delimitano cranialmente e caudalmente il piatto tibiale (figura 22).<sup>29,44,54,55</sup>

A questo punto bisogna tracciare una semiretta "c", perpendicolare all'asse meccanico "am", con origine nell'intersezione fra la linea di orientamento articolare prossimale "a", e l'asse meccanico "am". L'angolo compreso tra la linea di orientamento articolare prossimale "a" e la semiretta "c" perpendicolare all'asse meccanico, prende il nome di angolo del piatto tibiale (apt) (figura 23).<sup>29,44,54,55</sup>

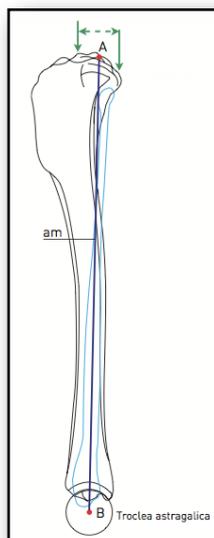


Figura 21: tibia, asse meccanico sul piano sagittale. Individuare il centro articolare prossimale (A) equidistante dal confine craniale e caudale del piatto tibiale (freccie verdi). Individuare il centro articolare distale (B) corrispondente al centro della troclea astragalica. L'asse meccanico è rappresentato dal segmento (am) che congiunge il centro articolare prossimale (A) con il centro articolare distale (B). (Petazzoni, Atlante di goniometria clinica e misurazioni radiografiche dell'arto pelvico, 2008 Merial Italia S.p.A.)

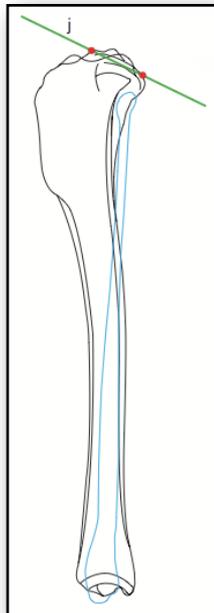
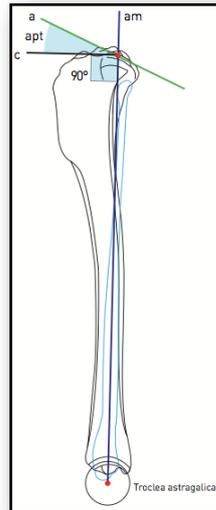


Figura 22: tibia, linea di orientamento articolare prossimale. La linea di orientamento articolare prossimale della tibia sul piano sagittale è rappresentata da una retta j passante per i confini cranioproximale e caudoproximale del piatto tibiale. (Petazzoni, Atlante di goniometria clinica e misurazioni radiografiche dell'arto pelvico, 2008 Merial Italia S.p.A.)



*Figura 23: Angolo del piatto tibiale. Tracciare la linea di orientamento articolare prossimale (a); tracciare l'asse meccanico (am); tracciare una semiretta (c) perpendicolare all'asse meccanico (am) con origine nell'intersezione fra la linea di orientamento articolare prossimale (a) e l'asse meccanico (am); l'angolo compreso tra la linea di orientamento articolare prossimale (a) e la semiretta (c) perpendicolare all'asse meccanico prende il nome di angolo del piatto tibiale (apt). (Petazzoni, Atlante di goniometria clinica e misurazioni radiografiche dell'arto pelvico, 2008 Merial Italia S.p.A.)*

## **2.4.2. Pianificazione pre operatoria dell'angolo di rotazione del piatto tibiale**

In questa fase bisogna determinare l'inclinazione del piatto tibiale che si vuole ottenere (la letteratura suggerisce un angolo compreso tra 5 e 7°),<sup>29</sup> bisogna scegliere la lama più appropriata e l'impianto di osteosintesi che verrà utilizzata. Esistono lame semicircolari di diverse misure, la scelta ricadrà su quella che soddisfa al meglio i seguenti parametri:

- l'estremità caudale della lama deve sporgere perpendicolarmente alla corticale caudale;
- il centro della circonferenza descritta dalla lame deve combaciare con il centro teorico di rotazione intrarticolare, che è rappresentato dal punto compreso tra le due eminenze intercondiloidee presenti sul piatto tibiale;
- la linea osteotomica deve essere eseguita prevedendo poi abbastanza spazio per il posizionamento del sistema impiegato per l'osteosintesi.

Poichè la TPLO permette di modificare in sede intraoperatoria eventuali deviazioni assiali presenti nell'arto, durante la valutazione preoperatoria è possibile stabilire se è necessario apportare correzione dell'asse longitudinale dell'arto ed in quale proporzione.<sup>54,55</sup>

### **2.4.3.Tecnica operatoria**

L'incisione cutanea va eseguita sulla porzione cranio mediale del ginocchio, partendo 1 cm prossimalmente e medialmente alla rotula, e va estesa distalmente a tutto il terzo prossimale della tibia. Dopo l'incisione della cute e del sottocute si incide il capo distale del muscolo vasto mediale e si prosegue fino allo spazio compreso tra il piatto tibiale ed il legamento tibio-rotuleo, attraverso il gruppo dei muscoli del pes anserinus, ed il margine mediale della fascia del muscolo tibiale craniale. Con uno scolla periostio si separa il muscolo tibiale craniale dalla faccia craniolaterale della tibia. La fascia e l'estensione tendinea del pes anserinus vengono scollati dalla loro inserzione sulla faccia cranio mediale della tibia e retratti caudalmente, per esporre il legamento collaterale mediale ed il muscolo popliteo. Con una lama da bisturi numero 11 si effettua una mini artrotomia lungo il margine caudale del legamento collaterale mediale e si procede al meniscal release. Isolato il legamento collaterale mediale, con uno scolla periostio si allontana il muscolo popliteo dalla tibia facendo attenzione a non lesionare muscolo, arterie e vene poplitee che decorrono sulla faccia caudo-laterale della tibia. A questo punto si applica e si fissa con 2 fili di Kirschner, uno prossimale ed uno distale, la maschera guida (jig). Il jig deve essere parallelo al piano sagittale, medialmente alla tibia, con il corpo rivolto caudalmente e le braccia rivolte cranialmente. I fili di Kirschner devono essere paralleli tra di loro e al piano di flesso estensione del ginocchio, e perpendicolari al piano sagittale. Si inseriscono poi alcune garze umidificate con soluzione fisiologica sterile in posizione caudale, mediale e laterale alla tibia, mentre si posiziona un retrattore di Hohman a protezione del legamento tibiorotuleo. A questo punto, si pone la placca sulla porzione mediale della tibia e si traccia con l'elettrobisturi la linea guida per

l'osteotomia. E' essenziale che la lama sia perpendicolare al piano sagittale. La sua curvatura craniale deve essere craniale al piatto tibiale, mentre la sua curvatura caudale deve sporgere perpendicolarmente dalla corticale caudale della tibia. Attraversata la prima corticale, si segnano sulla linea di taglio i punti di riferimento (tacche) e si completa l'osteotomia. Per ruotare il frammento prossimale della tibia, si inserisce un filo di Kirschner sulla porzione mediale della tibia, appena sotto il piatto tibiale, e lo si ruota caudalmente, finchè non si ottiene l'allineamento tra le due tacche segnate in precedenza. L'osteotomia va fissata momentaneamente tramite un filo di Kirschner, per consentire il corretto posizionamento della placca che andrà posizionata appena cranialmente al legamento collaterale mediale. La placca viene quindi collocata sulla porzione diafisaria della tibia, in modo che il suo bordo caudale sia a ridosso della corticale tibiale, e fissata con le apposite viti. Una volta fissata l'osteotomia, si suturano la mini artrotomia ed i piani scontinuati secondo stratigrafia<sup>29,54,55</sup>.

#### **2.4.4.Misurazione dell'inclinazione del piatto tibiale post operatorio**

La misurazione dell'inclinazione del piatto tibiale post operatorio, va eseguita con la stessa procedura descritta per quello pre operatorio.

#### **2.4.5.Centro teorico di rotazione intrarticolare**

Il centro teorico di rotazione intrarticolare è localizzato nel punto medio tra l'eminanza intercondiloidea mediale e quella laterale della tibia.<sup>29,44,54,55</sup> Questo punto riveste un ruolo fondamentale nella biomeccanica articolare; esso infatti è il fulcro della rotazione in flessione-estensione del ginocchio.

Lo scopo della TPLO è quello di variare solamente l'inclinazione del piatto tibiale, non modificando il fulcro articolare. Perché ciò si realizzi, è fondamentale che la linea osteotomica radiale sia posizionata con il proprio centro perfettamente sovrapposto al centro di rotazione intrarticolare.

Rispettando questi vincoli, al momento di ruotare il tassello tibiale venutosi a creare in seguito all'osteotomia, esso si comporterà come un'altalena, lasciando invariata la posizione del centro di rotazione. Quando i due punti non sono perfettamente sovrapposti, la linea osteotomica risulterà mal posizionata e questo comporterà delle complicazioni intra e post operatorie.

#### **2.4.5.1. Complicazioni associate ad un errato posizionamento del centro dell'osteotomia radiale**

Se il centro della linea di frattura iatrogena (centro osteotomico) è in posizione troppo craniale, può portare ad avere una cresta tibiale troppo sottile, aumentandone il rischio di frattura. Inoltre si aumenta il carico sul quadricipite femorale, aumentando il rischio di fratture patellari. A ciò si può associare una desmitte del tendine patellare, una contrattura del quadricipite, un aumento del dolore ed un aumento della zoppia.

Un taglio troppo caudale può comportare una difficoltà nel ruotare il piatto tibiale e delle difficoltà nel posizionarlo per la fissazione.

Un taglio troppo distale può alterare l'asse meccanico tibiale diminuendo così il carico sulla corticale caudale e provocare un varismo di tibia durante l'allineamento della frattura iatrogena. Ciò si realizza perché la componente laterale è mantenuta alta dalla presenza della fibula, mentre quella mediale, non essendo articolata, può scendere. La tibia vara può facilmente portare a ginocchio varo, pivot shift (sublussazione craniale di tibia ed intrarotazione della stessa durante la fase di carico) e conseguente lussazione mediale della patella.

Un taglio troppo prossimale può anch'esso comportare una maggiore difficoltà nel ruotare il piatto tibiale.<sup>32,33</sup>

### **2.4.6. Post operatorio**

La guarigione della ferita chirurgica cutanea avviene in circa 10 giorni, periodo in cui vengono prescritti anche farmaci antibiotici ed antidolorifici. Solitamente entro 24 ore dalla chirurgia, il cane è già in grado di riprendere a camminare, ed entro 5 giorni dall'intervento chirurgico il soggetto ricomincerà ad appoggiare l'arto operato. Durante il primo mese l'attività motoria deve essere ridotta al minimo; l'animale deve essere confinato in uno spazio ristretto, sono consentite passeggiate ma sempre col cane al guinzaglio. Gli studi radiografici effettuati alla quarta ed all'ottava settimana permettono di valutare la formazione del callo osseo e quindi la guarigione dell'osso tibiale. Dopo 30 giorni dalla chirurgia l'animale può riprendere l'attività fisica in maniera molto graduale. Si consiglia di aumentare progressivamente il numero di passeggiate durante l'arco della giornata ma non la durata della passeggiata stessa. A 90 giorni dall'intervento chirurgico si ottiene la guarigione completa dell'osso tibiale ed il cane può ritornare ad avere un'attività fisica quasi normale.

### **2.4.7. Recupero**

Slocum elenca 5 criteri per valutare il successo dell'intervento di TPLO ed il pieno recupero dell'arto:

- ritorno della funzione di massima flessione dell'articolazione del ginocchio, parametro valutabile grazie al sit test.
- Raggiungimento della massa muscolare fisiologica dell'arto operato. Si valuta palpando la massa muscolare sopra la rotula nel cane in stazione. Secondo Slocum ci vogliono circa 3-4 mesi dopo l'intervento perchè la muscolarità sia ripristinata.
- Assenza di infiammazione articolare. Anche qui è atteso un tempo di recupero di circa 3 mesi e viene stabilito palpando simultaneamente le 2 articolazioni del ginocchio con il cane in stazione.

- Blocco della progressione dell'osteoartrite. Parametro valutabile radiograficamente.
- Ritorno del cane alla sua completa attività normale.<sup>55</sup>

## **2.5. Dispositivi di sintesi ossea**

Per eseguire questo tipo di intervento, ci si può affidare a 2 diverse tipologie di mezzi di fissazione interna dedicati, le placche convenzionali DCP a compressione dinamica secondo la tecnica AO, e quelle bloccate a stabilità angolare di nuova generazione.

### **2.5.1. Placche DCP (Dynamic Compression Plate)**

Queste placche sfruttano la particolare foggia dei propri fori, per creare una compressione interframmentaria tra i due monconi di frattura. Una parte del foro accoglie la testa della vite, la restante parte, forgiata a scivolo, è stata studiata per far scivolare la placca sotto la vite nel momento in cui viene serrata. In questo modo, fissando prima la placca ad un moncone ed utilizzando la parte inclinata del foro nell'altro moncone, si ottiene una compressione assiale sulla linea di frattura. Tale placca deve essere modellata all'osso, rendendola più intima possibile.

Le principali controindicazioni nell'utilizzo di queste placche sono 3: l'aumento della durata dell'intervento chirurgico dovuto alla necessità di modellare la placca; la possibilità che un modellamento scorretto causi un dissesto dei monconi ossei durante il serraggio delle viti; la compressione che la placca realizza a livello periostale può causare danni ischemici ed infiammatori.<sup>28,51</sup>

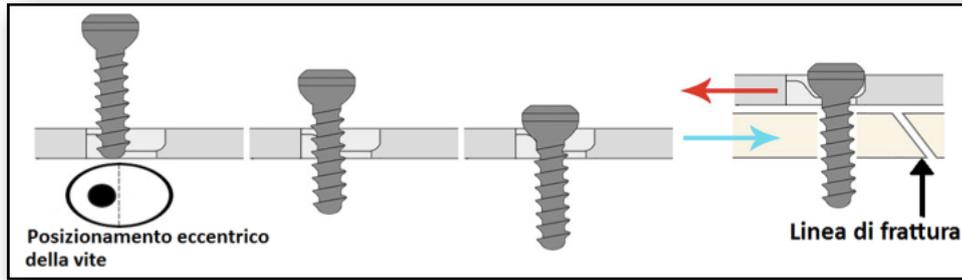
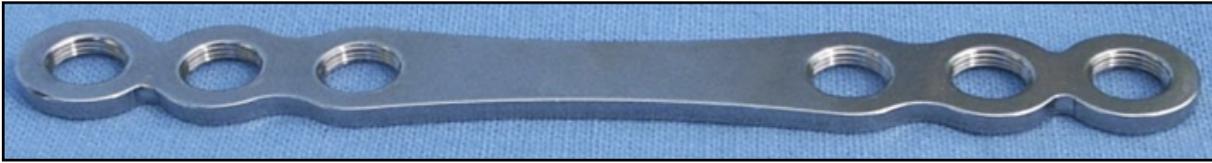


Figura 24: rappresentazione della compressione interframmentaria. Il posizionamento eccentrico della vite, sfruttando il piano inclinato del foro, permette lo scivolamento di osso (freccia azzurra) e placca (freccia rossa) in direzione opposte, realizzando la compressione sul sito di frattura. (Gilley, R., 2006)

### 2.5.2. Placche a stabilità angolare

Questi dispositivi sono caratterizzati dal bloccaggio stabile della vite sulla placca che permette di mantenere costante l'angolo di  $90^\circ$  tra i due. L'impossibilità della vite di compiere movimenti, in qualsiasi piano dello spazio essi avvengano, rende questi sistemi estremamente stabili e capaci di opporsi a qualunque spostamento dei monconi in sede di frattura.

Con questo tipo di sistemi di fissazione, non è più necessario modellare la placca all'osso, eliminando tutti quei problemi derivanti dalla compressione periostale. Inoltre viene a mancare il concetto di compressione interframmentaria. Tali caratteristiche permettono all'impianto di essere più sottile e questo si traduce in una forma prossimale più snella.<sup>45</sup>



*Figura 25: sistema bloccato a stabilità angolare Fixin; supporto (in alto); bussola (in basso a sinistra); vite (in basso a destra)*



*Figura 26: placche dedicate TPLO; a confronto la differente forma tra una placca a stabilità angolare Fixin ( a sinistra) e una placca DCP di tipo Hofmann (a destra)*

# 3. Parte Sperimentale

## 3.1.Introduzione

L'osteotomia livellante del piatto tibiale (TPLO), è una tecnica che pone le sue basi sulla biomeccanica articolare.<sup>55</sup> Per una sua corretta esecuzione, si suggerisce di posizionare il centro osteotomico sul centro di rotazione intrarticolare del ginocchio. Errori di posizionamento sono stati descritti in letteratura ed associati a specifiche complicazioni.<sup>32,33</sup> Il rispetto del centro di rotazione articolare, per l'esecuzione dell'osteotomia, a volte crea un frammento prossimale (piatto tibiale) di dimensioni eccessivamente piccole per accettare l'impianto di sintesi. Tale problema si realizza sulla compagine prossimale dell'impianto. Alcuni sistemi di fissazione interna presentano una foggia prossimale più ingombrante di altri. L'uso esclusivo di una sola tipologia di impianto, può condizionare il posizionamento del centro osteotomico da parte del chirurgo. In questo lavoro si è voluto andare a descrivere il posizionamento dei centri osteotomici di 100 interventi di TPLO, per poi andare a relazionare questa distribuzione all'utilizzo di due diverse tipologie di impianto di osteosintesi. Da un lato si sono considerate le placche DCP, fra le quali si sono scelte le placche di Hofmann, della Bioimpianti e della Slocum Enterprise, mentre dall'altro lato si è scelto di utilizzare, in rappresentanza degli impianti bloccati, il sistema Fixin.

## 3.2. Materiali e metodi

Il campione di riferimento è formato da 100 interventi di TPLO, tutti eseguiti dallo stesso chirurgo, il Dr. Massimo Petazzoni. Ad ogni record corrisponde un singolo intervento, al quale è stato assegnato un numero ID progressivo, a seconda dell'ordine di inserimento nel database. Ad essi non corrispondono 100 pazienti, in quanto gli interventi bilaterali sono stati trattati come record distinti. La casistica è costituita da 82 cani appartenenti a 27 razze (tabella 1).

Razza	Numero Soggetti	Razza	Numero soggetti
Meticcio	12	Setter Inglese	2
Labrador Retriever	10	West Highland White Terrier	2
Boxer	8	Whippet	2
Bovaro del Bernese	5	Bobtail	1
Cane Corso	4	Dogo Argentino	1
Dogue de Bordeaux	4	Drahthaar	1
Rottweiler	4	Flat Coated Retriever	1
Terranova	4	Golden Retriever	1
American Staffordshire Terrier	3	Jack Russel Terrier	1
Bulldog Inglese	3	Pit Bull	1
Pastore Tedesco	3	Schnautzer nano	1
Bretton	2	Staffordshire Bull Terrier	1
Bullmastiff	2	Yorkshire	1
San Bernardo	2		tot. 82

Tabella 1: suddivisione del campione in razze

Degli 82 soggetti, 47 sono femmine, delle quali 18 sono state sterilizzate, mentre 35 sono maschi, dei quali tutti risultano interi (tabella 2).

Sesso	Interi	Sterilizzati	Tot.
Maschi	35	0	35
Femmine	29	18	47

Tabella 2: suddivisione del campione in base al sesso

Il peso varia dai 6 Kg ai 70 Kg, mentre l'età oscilla tra un minimo di 10 mesi, ad un massimo di 12 anni (tabella 3).

	Gruppo Impianto													
	DCP							FIXIN						
	Media	Deviaz ione Stand ard	Media na	Percent ile 25	Percent ile 75	Minim o	Massi mo	Media	Deviaz ione Stand ard	Media na	Percent ile 25	Percent ile 75	Minim o	Massi mo
Peso	35,5	14,4	35,0	27,0	45,0	6,0	65,0	33,3	18,1	31,0	21,0	47,0	6,0	70,0
Anni	5,10	2,70	5,15	3,14	7,15	,64	10,52	4,95	2,86	4,16	2,88	6,52	,55	12,80

Tabella 3: rappresentazione dei parametri "peso" e "anni" del campione, suddiviso nei 2 gruppi DCP/Fixin

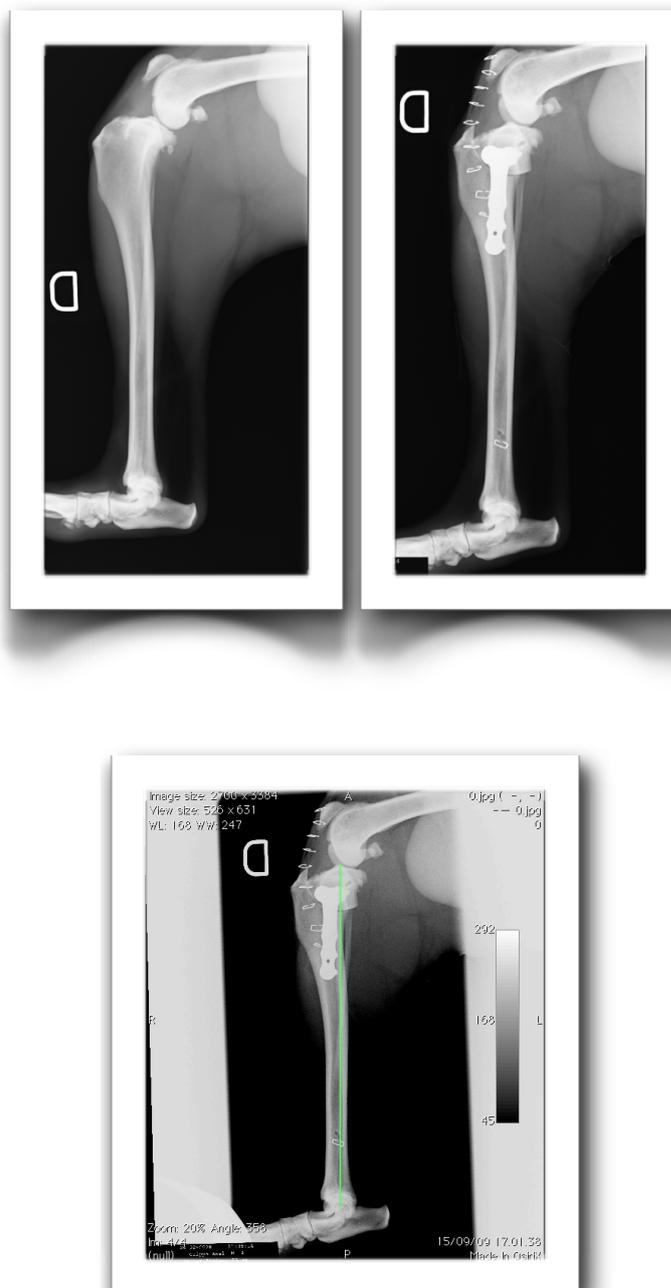
Nell'esecuzione della tecnica chirurgica, sono stati utilizzati diversi tipi di impianti, elencati nella tabella 4.

Tipo di impianto	N°	Tipo di impianto	N°
DCP Bioimpianti da 2mm con 7 fori	2	Fixin V3002 da 3,5 da 5 fori	7
DCP Bioimpianti custom da 2mm con 7 fori	2	Fixin V3004 da 3,5 da 6 fori	6
DCP Bioimpianti da 6 fori	1	Fixin V2003 da 2,5 da 4 fori	4
DCP custom da 4,5mm da 5 fori	1	Fixin V2001 da 3,2 da 4 fori	3
Hofmann da 4,5 da 6 fori	1	Fixin V3003 da 3,5 da 5 fori	3
Hofmann da 3,5 da 7 fori;	1	Fixin custom da 3,2 da 6 fori	3
Hofmann da 4,5 da 7 fori	1	Fixin custom da 3,5 da 7 fori	2
Slocum da 3,5mm da 6 fori	37	Fixin custom da 3,2 da 5 fori	2
Slocum da 3,5mm da 5 fori	1	Fixin custom da 3,5 da 5 fori	2
Slocum da 2,7mm da 7 fori	1	Fixin custom da 3,2 da 7 fori	2
Slocum da 3,5mm da 7 fori	1	Fixin custom da 3,5 da 4 fori	1
Slocum custom da 2,7mm da 7 fori	1	Fixin custom da 3,2 da 4 fori	1
Fixin V3001 da 3,5 da 4 fori	14	Fixin V3006 da 3,5 da 6 fori	1

Tabella 4: dettaglio del numero di impianti impiegati

Sono stati creati 2 gruppi, il gruppo-1 comprende tutti gli interventi eseguiti utilizzando impianti DCP (DCP, Hofmann, Bioimpianti, Slocum), il gruppo-2 invece, comprende tutti gli interventi eseguiti mediante l'impiego di impianti Fixin. Sono stati selezionati tutti i casi che fossero in possesso delle seguenti caratteristiche: segnalamento completo, studio radiografico completo (proiezione medio-laterale standard di tibia post operatoria). Sono stati esclusi dal campione i casi con

segnalamento incompleto, studio radiografico incompleto e concomitanti problemi ortopedici. La scelta del campione si è arrestata al raggiungimento di 50 casi appartenenti al gruppo-1 e 50 casi appartenenti al gruppo-2. Il campione comprende casi che vanno dal 8-gen-02 al 9-giu-09; nello specifico il gruppo-1 va dal 8-gen-02 al 31-gen-09, mentre il gruppo-2 va dal 24-gen-05 al 9-giu-09. Tutti gli interventi considerati sono stati eseguiti dallo stesso chirurgo, con tecnica standard descritta dalla "Slocum and Slocum".<sup>55</sup> Per ogni intervento è stato effettuato uno studio radiografico con proiezione medio-laterale standard della tibia pre operatoria, ed una post operatoria (figura 27). L'angolo di inclinazione del piatto tibiale pre operatorio è stato calcolato importando le immagini in formato digitale DICOM e JPEG nel software Osirix v.3.7.1 32 bit. Con tale software si è calcolato l'angolo di inclinazione del piatto tibiale pre e post operatorio.<sup>15,19,44</sup> L'asse meccanico tibiale <sup>15,19,44</sup> post operatorio, tracciato con Osirix, è stato reso parallelo al riferimento graduato presente all'interno del programma, ruotando l'immagine, così da avere tutte le tibie dei 100 record orientate allo stesso modo (figura 27). Le immagini così elaborate sono state trasferite sul programma AutoCAD 2005 N.63.0. Qui è stata tracciata una circonferenza, di colore azzurro, identica alla linea osteotomica chirurgica e le due linee sono state sovrapposte. Conoscendo le dimensioni della lama che è stata utilizzata per realizzare la linea osteotomica, è stata quotata l'immagine. Una seconda circonferenza, di colore rosso, è stata generata identica alla precedente ed è stata centrata sul centro di rotazione intrarticolare. Al centro di questa seconda circonferenza sono state attribuite le coordinate cartesiane (0;0) e sono state calcolate le coordinate relative del centro della prima circonferenza. A questo punto è stata calcolata la distanza lineare presente fra i due punti, espressa in millimetri, seguita dalla distanza relativa che è stata ottenuta dividendo la distanza lineare per il raggio della lama impiegata (figura 28).



*Figura 27: radiografia pre operatoria di tibia di cane in proiezione medio-laterale (in alto a sinistra); radiografia post operatoria di tibia di cane in proiezione medio-laterale (in alto a destra); radiografia di tibia di cane in proiezione medio-laterale (in basso). In verde l'asse meccanico. (Per gentile concessione del Dr. Massimo Petazzoni)*



Figura 28: radiografia di tibia di cane in proiezione medio-laterale; linea osteotomica teorica (in rosso); linea osteotomica chirurgica (in azzurro). (Per gentile concessione del Dr. Massimo Petazzoni)

Tutti i dati ottenuti dall'inizio del lavoro sono stati inseriti in un database (Bento-3 3.0.4). Sono state eseguite analisi statistiche descrittive dei parametri distanza, distanza relativa, coordinata (x) e coordinata (y), per gruppo impianto (DCP vs Fixin), quadrante (rispetto al grafico cartesiano) e slope post operatorio (Good vs Not Good). E' stato eseguito il test del  $\chi^2$  per analizzare l'esistenza di differenze statisticamente significative tra il gruppo di appartenenza (DCP vs Fixin) e le variabili categoriche (Good vs Not Good). Dopo avere testato la normalità delle distribuzioni mediante il test non parametrico di Kolmogorov-Smirnov, è stata condotto un Anova test ad una via per i parametri "distanza" e "distanza relativa" in funzione del gruppo impianto e dello slope post operatorio. E' stata testata la correlazione di Pearson tra i parametri "distanza" e "distanza relativa". Un valore di  $P < 0.05$  è stato considerato come soglia di significatività statistica. Tutte le analisi statistiche sono state condotte utilizzando il software SPSS per Windows, Rel. 12.0.0. 2003 (SPSS Inc., Chicago – IL).

### 3.3. Risultati

Testata la normalità dei dati, i parametri “distanza” e “distanza relativa” risultano essere correlati all’ 88%. Tale valore ci permette di scegliere arbitrariamente se considerare la distanza o la distanza relativa, senza alterare il significato del lavoro stesso. Si è deciso di scegliere il parametro “distanza” e di non considerare il parametro “distanza relativa” (tabella 5).

		DISTANZA RELATIVA	DISTANZA
DISTANZA RELATIVA	Pearson Correlation	1	0,888
	Sig. (2-tailed)	.	0,000
	N.	100	100
DISTANZA	Pearson Correlation	0,888	1
	Sig. (2-tailed)	0,000	.
	N.	100	100

Tabella 5: correlazione tra i parametri “distanza” e “distanza relativa”

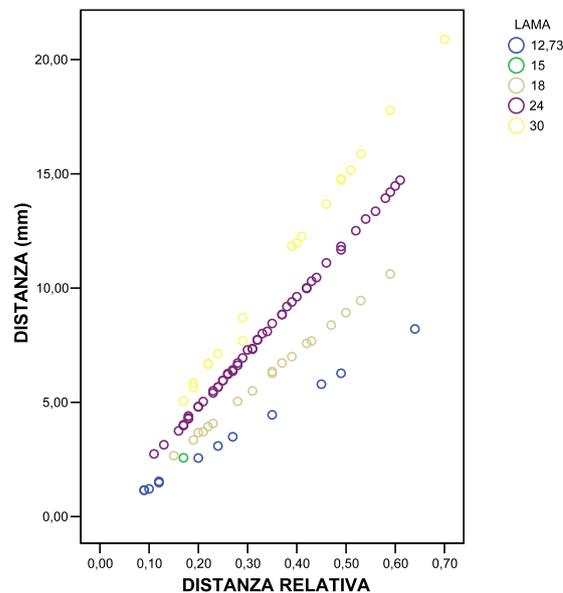


Grafico 1: rappresentazione della correlazione esistente tra “distanza” e “distanza relativa” utilizzando lame osteotomiche di diverso raggio

E' stato costruito un grafico cartesiano (grafico 2), con il centro degli assi posizionato sul centro di rotazione intrarticolare del ginocchio. Poi sono state inserite le coordinate (x;y) relative ad ogni centro delle linee osteotomiche radiali (in tutto 100 punti, uno per ogni intervento di TPLO).

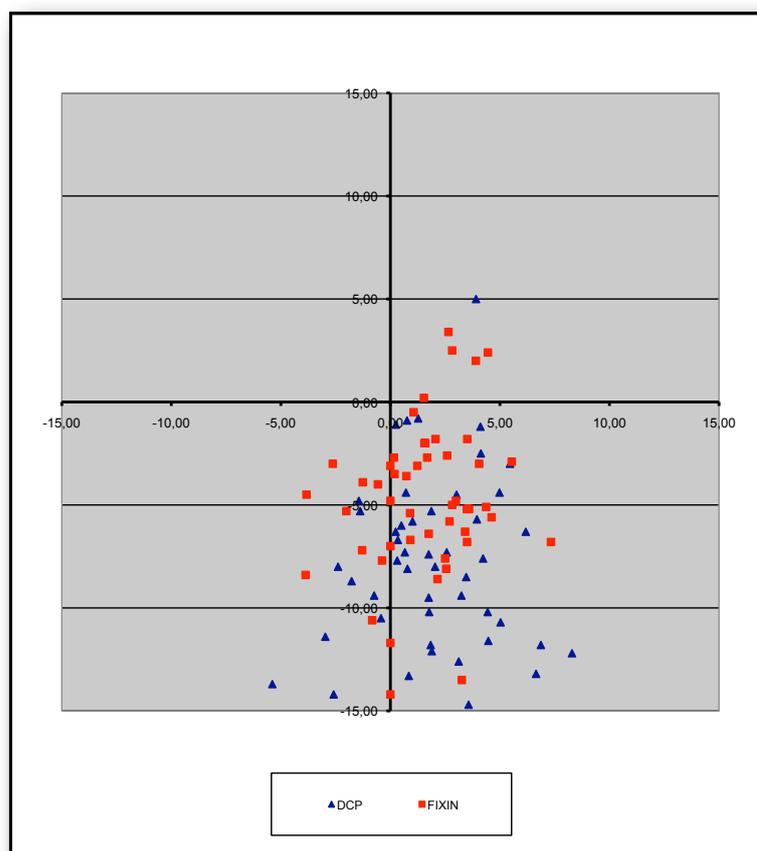


Grafico 2: distribuzione dei centri delle osteotomie radiali eseguite in sede di TPLO, con sistema DCP e Fixin. Il centro dell'asse cartesiano corrisponde al centro di rotazione intrarticolare del ginocchio

	Quadrant	Gruppo	Cases					
			Valid		Missing		Total	
			N	Percent	N	Percent	N	Percent
DISTANCE	1	DCP	1	100,0%	0	0,0%	1	100,0%
		FIXIN	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
	3	DCP	9	100,0%	0	0,0%	9	100,0%
		FIXIN	15	100,0%	0	0,0%	15	100,0%
	4	DCP	40	100,0%	0	0,0%	40	100,0%
		FIXIN	31	100,0%	0	0,0%	31	100,0%

Tabella 6: distribuzione dei centri osteotomici, divisi per gruppo di impianto, in ogni quadrante

Il grafico 2 rappresenta la distribuzione dei centri osteotomici in relazione al centro rotazionale (centro di rotazione intrarticolare). Il centro rotazionale è rappresentato dal centro del grafico cartesiano. Il grafico è orientato come le radiografie dalle quali sono stati ricavati i dati. Ne risulterà che:

1° quadrante= caudo-prossimale

2° quadrante= cranio-prossimale

3° quadrante= cranio-distale

4° quadrante= caudo-distale

Come si può osservare la maggior parte dei punti si localizza nei quadranti inferiori, 3° e 4° (tabella 6). I punti sono stati divisi in 2 colori, in blu i punti relativi al gruppo DCP, in rosso i punti appartenenti al gruppo Fixin (grafico 2). Nel 1° quadrante, cadono 5 punti, 4 dei quali appartengono al gruppo Fixin. Nessun punto cade nel 2° quadrante, quello cranio-prossimale, mentre la maggior parte dei punti cade nei quadranti 3 e 4, con una predominanza del 4° quadrante. Nel dettaglio, 24 punti cadono nel 3° quadrante, mentre 71 nel 4° (tabella 6).

Considerando la distanza che separa i punti dal centro dell'asse cartesiano, risulta che mediamente il gruppo Fixin è meno distante rispetto al gruppo DCP (tabella 7).

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
DCP	50	9,0556	4,11006	0,58125	7,8875	10,2237	1,15	20,89
FIXIN	50	6,1566	3,31460	0,46875	5,2146	7,0986	1,16	17,78
Total	100	7,6061	3,99012	0,39901	6,8144	8,3978	1,15	20,89

Tabella 7: descrizione statistica del parametro "distanza"

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	210,105	1	210,105	15,073	0,000
Within Groups	1366,078	98	13,940		
Total	1576,183	99			

Tabella 8: Anova test relativo alla tabella 7

La distanza media tra centro osteotomico e centro rotazionale del gruppo DCP è di 9 mm; 6 nel gruppo Fixin. La distanza massima è di 20 mm e appartiene al gruppo DCP. Le deviazioni standard sono simili a dimostrazione del fatto che la variabilità all'interno dei due gruppi è simile (tabella 7).

Nella tabella sottostante (tabella 9) si può vedere come tale distanza sia distribuita nei 4 quadranti.

	Quadrant		Statistic	Std. Error
DISTANCE	1	Mean	4,2160	0,79597
		95% Confidence Interval for Mean	2,0060	
		Lower Bound	6,4260	
		Upper Bound		
		5% Trimmed Mean	4,2456	
		Median	4,4000	
		Variance	3,168	
		Std. Deviation	1,77984	
		Minimum	1,54	
		Maximum	6,36	
		Range	4,82	
		Interquartile Range	3,05	
		Skewness	-0,655	0,913
		Kurtosis	1,080	2,000
		3	3	Mean
95% Confidence Interval for Mean	6,8882			
Lower Bound	10,2593			
Upper Bound				
5% Trimmed Mean	8,3870			
Median	8,0300			
Variance	15,934			
Std. Deviation	3,99176			
Minimum	3,09			
Maximum	17,78			
Range	14,69			
Interquartile Range	6,25			
Skewness	0,635			0,472
Kurtosis	-0,361			0,918
4	4			Mean
		95% Confidence Interval for Mean	6,5724	
		Lower Bound	8,4631	
		Upper Bound		
		5% Trimmed Mean	7,3455	
		Median	6,7200	
		Variance	15,951	
		Std. Deviation	3,99381	
		Minimum	1,15	
		Maximum	20,89	
		Range	19,74	
		Interquartile Range	4,81	
		Skewness	0,817	0,285
		Kurtosis	0,760	0,563

Tabella 9: descrizione statistica del parametro "distanza", nei 4 quadranti cartesiani

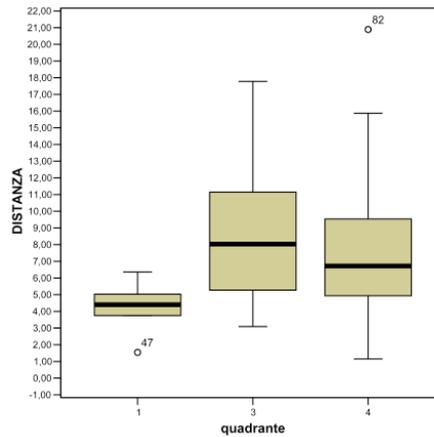


Grafico 3: rappresentazione grafica del parametro “distanza” nei 4 quadranti cartesiani (tabella 9)

Il 1° quadrante risulta essere il meno variabile, con un deviazione standard di 1,78. Il 3° e 4° quadrante risultano essere molto simili, con deviazioni standard praticamente sovrapponibili.

Si è analizzata la distribuzione delle distanze, nei vari quadranti, separando il gruppo DCP dal gruppo Fixin. Il gruppo DCP risulta così distribuito:

DCP	Quadrant		Statistic	Std. Error
DISTANCE	3	Mean	9,8556	1,14631
		95% Confidence Interval for Mean	7,2122	
		Lower Bound	12,4990	
		Upper Bound	9,8528	
		5% Trimmed Mean	9,3900	
		Median	11,826	
		Variance	3,43893	
		Std. Deviation	5,04	
		Minimum	14,72	
		Maximum	9,68	
		Range	6,20	
		Interquartile Range	0,090	
		Skewness	0,717	
	Kurtosis	1,400		
	4	Mean	8,9430	0,67917
		95% Confidence Interval for Mean	7,5692	
		Lower Bound	10,3168	
		Upper Bound	8,8500	
		5% Trimmed Mean	8,1550	
		Median	18,451	
Variance		4,29548		
Std. Deviation	1,15			
Minimum	20,89			
Maximum	19,74			
Range	6,16			
Interquartile Range	0,424			
Skewness	0,374			
Kurtosis	0,733			

Tabella 10: descrizione statistica del parametro “distanza”, nei 4 quadranti cartesiani. Gruppo DCP

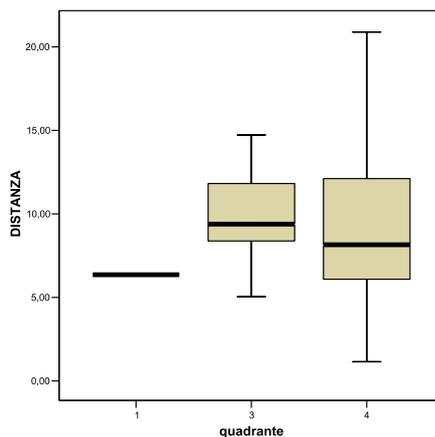


Grafico 4: rappresentazione grafica del parametro "distanza", nei 4 quadranti cartesiani (tabella 10). Gruppo DCP

Nel 1° quadrante cade un solo punto, e pertanto non è analizzabile. Il 3° quadrante risulta meno variabile, con una deviazione standard pari a 3,439, rispetto al 4°, dove la deviazione standard è di 4,295. La distanza media risulta però essere maggiore nel 3° quadrante, dove ha una media di 9,85 mm, contro gli 8,94 del 4° quadrante (tabella 10). Il gruppo Fixin risulta così distribuito:

FIXIN	Quadrant		Statistic	Std. Error	
DISTANCE	1	Mean	3,6800	0,75968	
		95% Confidence Lower Bound	1,2624		
		Interval for Mean Upper Bound	6,0976		
		5% Trimmed Mean	3,7239		
		Median	4,0750		
		Variance	2,308		
		Std. Deviation	1,51936		
		Minimum	1,54		
		Maximum	5,03		
		Range	3,49		
		Interquartile Range	2,78		
		Skewness	-1,324		1,014
		Kurtosis	1,864		2,619
		3	Mean		7,8047
	95% Confidence Lower Bound		5,4729		
	Interval for Mean Upper Bound		10,1365		
	5% Trimmed Mean		7,5124		
	Median		7,0000		
	Variance		17,730		
	Std. Deviation		4,21066		
	Minimum		3,09		
	Maximum		17,78		
	Range		14,69		
	Interquartile Range		6,55		
	Skewness		1,133	0,580	
	Kurtosis		0,806	1,121	
	4		Mean	5,6787	0,47615
		95% Confidence Lower Bound	4,7063		
		Interval for Mean Upper Bound	6,6511		
		5% Trimmed Mean	5,5210		
		Median	5,7900		
		Variance	7,028		
		Std. Deviation	2,65107		
		Minimum	1,16		
		Maximum	13,93		
		Range	12,77		
Interquartile Range		3,63			
Skewness		0,878	0,421		
Kurtosis		1,710	0,821		

Tabella 11: descrizione statistica del parametro "distanza", nei 4 quadranti cartesiani. Gruppo Fixin

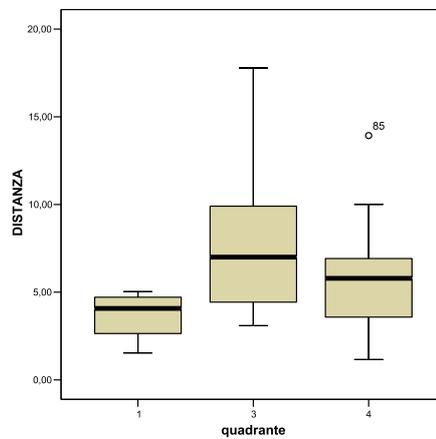


Grafico 5: rappresentazione grafica del parametro "distanza" nei 4 quadranti cartesiani (tabella 11). Gruppo Fixin

Il 1° quadrante risulta essere il meno variabile, con una deviazione standard di 1,519, ed il meno numeroso, con solo 4 punti al suo interno. Inoltre risulta essere anche il più vicino, con una media delle distanze di 3,68 mm. La deviazione standard più alta si rileva nel 3° quadrante dove è pari a 4,211, contro i 2,651 del 4° quadrante. Anche la distanza media più elevata si evidenzia nel 3° quadrante, dove è pari a 7,8 mm, mentre quella misurata nel 4° quadrante è di 5,679 (tabella 11). Risulta interessante il confronto fra i due gruppi:

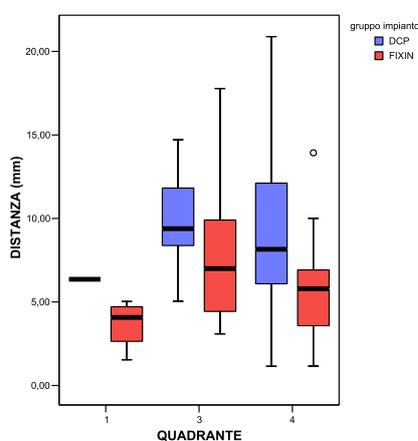


Grafico 6: rappresentazione grafica del parametro "distanza" nei 4 quadranti cartesiani, nei gruppi DCP/Fixin (tabelle 10 e 11)

Nel 1° quadrante cade un solo punto appartenente al gruppo DCP, e pertanto non è analizzabile. Negli altri quadranti, i punti DCP e quelli Fixin, sono distribuiti allo stesso modo (grafico 6).

Fino a questo punto si è preso in considerazione la distanza lineare dal centro degli assi cartesiani. Nei grafici successivi invece, è stata considerata la distanza dei centri dell'osteotomia radiale rispetto agli assi cartesiani. Descrivendo come variano i valori delle coordinate (x;y) nei gruppi DCP e Fixin, è possibile rappresentare il posizionamento in senso prossimo-distale, coordinata (y), ed in senso cranio-caudale, coordinata(x), dei centri osteotomici.

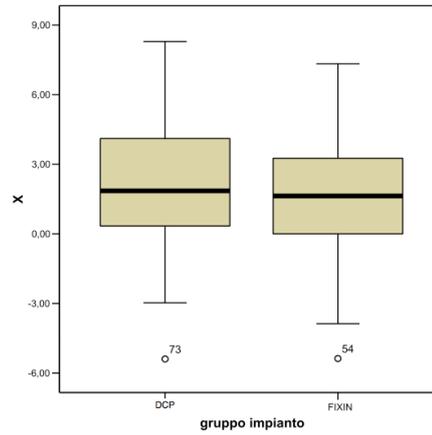


Grafico 7: rappresentazione grafica della distribuzione dei valori delle coordiante (x) dei centri osteotomici

Dal grafico 7 emerge che il posizionamento cranio-caudale è pressochè identico, sia utilizzando impianti DCP, sia utilizzando impianti Fixin.

Se al posto di considerare le variazioni dei valori delle coordinate (x), si considerano le coordinate (y), si ottengono informazioni relative al posizionamento prossimo-distale (grafico 8).

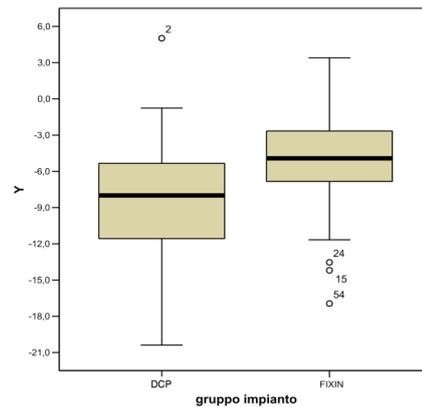


Grafico 8: rappresentazione grafica della distribuzione dei valori delle coordiante (y) dei centri osteotomici

Qui la distribuzione dei valori delle coordinate (y) differisce nei due gruppi, ed il gruppo Fixin risulta più prossimale del gruppo DCP.

Basandosi sulla letteratura, è stato considerato come obiettivo della TPLO il raggiungimento di uno slope post operatorio compreso tra 5 e 7°,<sup>29</sup> e sono quindi stati creati 2 gruppi, il gruppo “Good” con slope post operatorio compreso tra 5 e 7° ed il gruppo “Not Good” con slope post operatorio non compreso tra i 5 e i 7°. Sono così risultati 41 soggetti Good e 59 Not Good così distribuiti in funzione della distanza dal centro teorico di rotazione intrarticolare (= centro degli assi cartesiani):

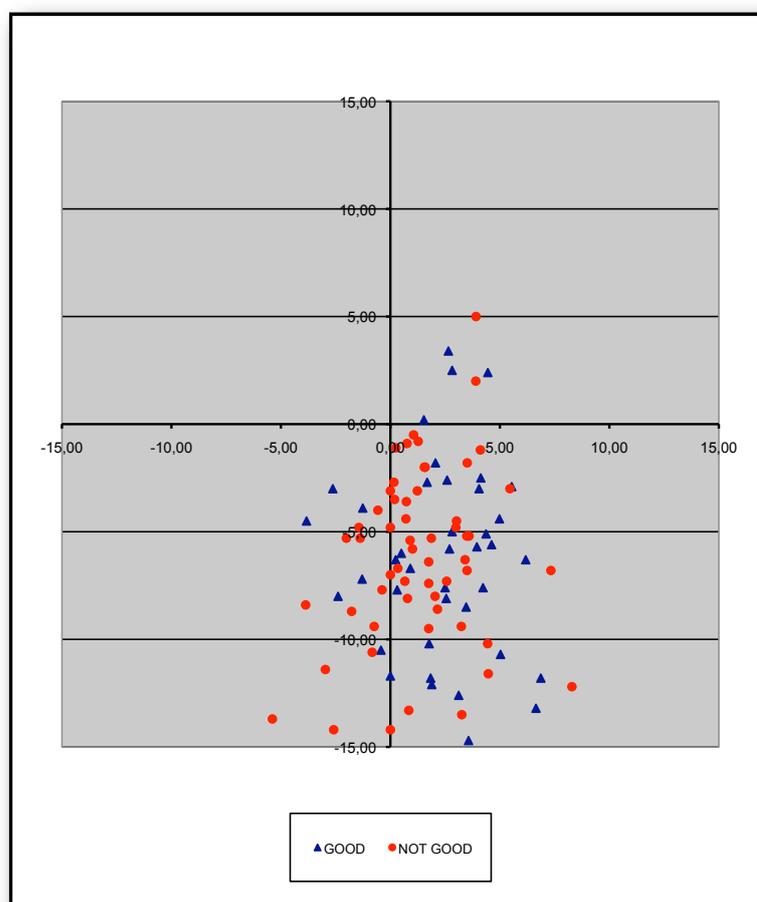


Grafico 9: distribuzione dei centri delle osteotomie radiali eseguite in sede di TPLO, con slope post operatorio compreso tra i 5 e i 7° (Good) e non compreso (Not Good)

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
GOOD	41	7,8741	3,73643	0,58353	6,6948	9,0535	1,54	17,78
NOT GOOD	59	7,4198	4,17867	0,54402	6,3309	8,5088	1,15	20,89
Total	100	7,6061	3,99012	0,39901	6,8144	8,3978	1,15	20,89

Tabella 12: descrizione statistica del parametro "distanza" nei gruppi Good/Not Good

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4,993	1	4,993	0,311	0,578
Within Groups	1571,190	98	16,033		
Total	1576,183	99			

Tabella 13: Anova test relativo alla tabella 12

La differenza nella distribuzione delle distanze tra i 2 gruppi non è statisticamente significativa ( $p= 0,578$ ). Non esiste una correlazione statisticamente significativa fra il posizionamento del centro osteotomico ed il conseguimento dello slope post operatorio desiderato (grafico 10 e 11).

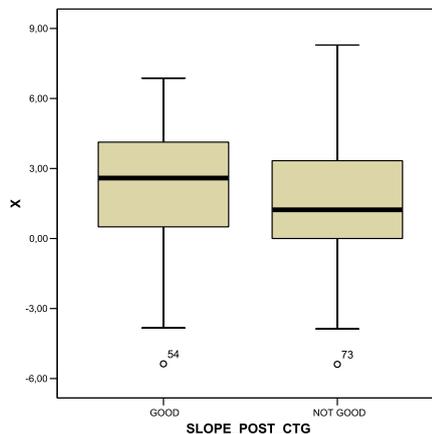


Grafico 10: rappresentazione grafica della distribuzione dei valori delle coordinate (x) nei gruppi Good/Not Good

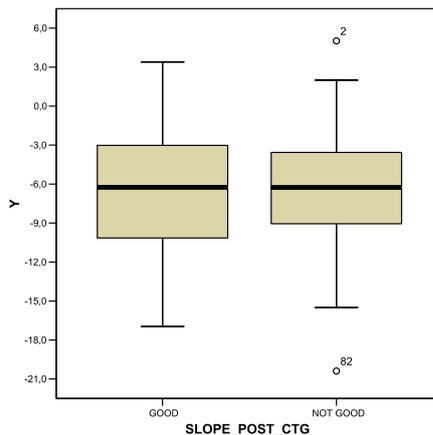


Grafico 11: rappresentazione grafica della distribuzione dei valori delle coordinate (y) nei gruppi Good/Not Good

Si è provato a correlare lo slope pre operatorio a quello post operatorio per vedere se il delta slope (slope pre operatorio - slope post operatorio) comporti delle variazioni nella buona riuscita dell'intervento, ma anche in questo caso la correlazione non risulta essere statisticamente rilevante.

Si è provato a correlare i gruppi DCP/Fixin e l'anno nel quale sono stati eseguiti gli interventi, così da poter indagare se vi è stato un aumento del numero di successi (Good) con il passare del tempo (acquisizione di una maggior abilità del chirurgo), ma anche in questo caso il risultato non è statisticamente significativo; DCP ( $\chi^2= 9,675$  ;  $p= 0,208$ ) e Fixin ( $\chi^2= 11,643$  ;  $p= 0,07$ ).

Sono stati poi messi in relazione i parametri Good/Not Good e DCP/Fixin:

			Group		Total
			DCP	FIXIN	
SLOPE POST OP	GOOD	Count	19	22	41
		% within SLOPE_POST_CTG	46,3%	53,7%	100,0%
		% within gruppo impianto	38,0%	44,0%	41,0%
		% of Total	19,0%	22,0%	41,0%
	NOT GOOD	Count	31	28	59
		% within SLOPE_POST_CTG	52,5%	47,5%	100,0%
		% within gruppo impianto	62,0%	56,0%	59,0%
		% of Total	31,0%	28,0%	59,0%
Total		Count	50	50	100
		% within SLOPE_POST_CTG	50,0%	50,0%	100,0%
		% within gruppo impianto	100,0%	100,0%	100,0%
		% of Total	50,0%	50,0%	100,0%

Tabella 14: tabella di frequenza dei parametri Good/Not Good vs. DCP/Fixin

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	0,372	1	0,542		
Continuity Correction	0,165	1	0,684		
Likelihood Ratio	0,372	1	0,542		
Fisher's Exact Test				0,685	0,342
Linear-by-Linear Association	0,368	1	0,544		
N of Valid Cases	100				

Tabella 15: Chi-square test relativo alla tabella 14

Ma anche qui non vi è una relazione statisticamente significativa tra i parametri (tabella 15). Dei 41 casi Good, 19 sono stati ottenuti mediante l'impiego di impianti DCP, mentre 22 sono stati ottenuti mediante impianti Fixin. Quindi il 53,7% dei successi è stato ottenuto con sistemi Fixin, mentre il 46,3% con sistemi DCP. Dei 50 interventi eseguiti con impianti DCP, il 38% ha portato allo slope post operatorio desiderato, mentre il 62% no. Dei 50 interventi eseguiti con impianti Fixin invece, il 44% ha dato esito positivo, mentre il 56% ha dato esito negativo. In totale, considerando tutti e 100 i casi, solamente il 41% degli interventi ha portato all'ottenimento di uno slope post operatorio compreso tra i 5 e i 7°.

Non vi è alcuna differenza tra maschi e femmine nella distribuzione dei punti appartenenti ai gruppi DCP/Fixin e Good/Not Good. Lo stesso vale per la lateralità dell'arto operato, dove non c'è differenza tra ginocchio sinistro e destro.

### 3.4. Discussione

Analizzando i dati ottenuti, emerge che esiste una differenza nella posizione dei centri dell'osteotomia radiale nei due gruppi DCP/Fixin. Le distanze medie tra centro osteotomico e centro rotazionale ottenute mediante l'utilizzo di sistemi Fixin, sono minori di quelle ottenute con sistemi DCP. Come si vede nella tabella 7, la distanza media presente nel gruppo DCP è di 9mm, mentre quella nel gruppo Fixin è di 6mm. Questo è vero indipendentemente dal quadrante considerato.

Non solo i centri osteotomici appartenenti al gruppo Fixin sono più vicini al centro rotazionale, essi sono anche più prossimali.

Analizzando visivamente il grafico 2, colpisce la distribuzione nel quadrante 1. Qui la quasi totalità dei punti appartiene al gruppo Fixin. Un centro osteotomico qui posizionato, comporta la realizzazione di una osteotomia molto prossimale, che lascia poco spazio per l'alloggiamento dell'impianto di osteosintesi. Il fatto che 4 punti su 5 presenti nel quadrante 1 appartengano al gruppo Fixin, potrebbero indicare che la maneggevolezza di questo impianto è superiore. Questo si traduce in una maggior libertà di posizionamento da parte del chirurgo.

La distribuzione delle distanze dei vari centri osteotomici dal centro rotazionale, non è influenzata dal quadrante di appartenenza. Sia per DCP che per Fixin, la maggior parte dei punti cade nel 4° quadrante (tabella 6). Ciò implica che, indipendentemente dall'impianto usato, è più frequente un mal posizionamento distale del centro osteotomico che non un mal posizionamento prossimale. E tra i posizionamenti distali, quello caudale è più frequente di quello craniale. Quindi si può dire che in questi 100 interventi di TPLO, il 71% dei centri osteotomici è stato posizionato caudo-distalmente, il 24% è stato posizionato cranio-distalmente, solo il 5% caudo-prossimalmente, mentre nessun centro è stato posizionato cranio-prossimalmente. I punti posizionati troppo distalmente, sono ben il 95% del totale, ma di questo 95%, solo il 46% è rappresentato dal gruppo Fixin, mentre il 52% è rappresentato dal gruppo DCP. Le distanze maggiori dal centro rotazionale, si sono verificate nella posizione caudo-distale, e sono rappresentate da casi appartenenti al gruppo DCP.

Analizzando separatamente ogni quadrante (tabelle 10 e 11; grafici 4 e 5), ci si rende conto che la distribuzione delle distanze dei 2 gruppi è sovrapponibile.

Si è voluto indagare se l'esperienza del chirurgo possa influenzare la distribuzione delle distanze nei 2 gruppi, DCP e Fixin. I risultati emersi da questo studio indicano che l'esperienza del chirurgo non ha influenzato la distribuzione dei centri osteotomici. Ciò è probabilmente spiegabile con il fatto che l'esperienza del chirurgo era già consolidata, e non ha subito modificazioni sostanziali durante la durata dello studio.

Secondo quanto scritto in letteratura, gli interventi ben riusciti, appartenenti al gruppo Good, dovrebbero avere i relativi centri osteotomici più vicini al centro di rotazione rispetto a quelli appartenenti al gruppo Not Good. Dal grafico 9 ciò non risulta. I punti risultano essere distribuiti in maniera casuale e centri osteotomici molto lontani dal punto di rotazione intrarticolare, hanno dato slope post operatori compresi nei valori di riferimento (5-7°). Ciò è confermato dalla non correlazione esistente fra le distanze dei centri osteotomici da quello rotazionale e lo slope post operatorio, e dalla non significatività delle distanze in funzione dei parametri Good/Not Good.

Nella tabella 14, si sono andati a relazionare i gruppi Good/Not Good ed i gruppi Fixin/DCP. Il risultato è che il 46% dei successi (consideriamo come successi i soggetti appartenenti al gruppo Good) è stato ottenuto con impianti DCP, mentre il 53% è stato ottenuto con Fixin. Utilizzando impianti DCP, il 62% degli interventi ha dato esito negativo (Not Good), mentre utilizzando impianti Fixin, solo il 56% degli interventi ha dato esito negativo.

In fine è stato confrontato lo slope pre operatorio con quello post operatorio, nell'intento di stabilire se vi sia una correlazione tra il grado di rotazione imposto al piatto tibiale, ed il raggiungimento dei 5-7° post operatori. Il risultato è stato che non vi è nessuna correlazione tra i due dati.

## 3.5. Conclusioni

I risultati emersi da questo lavoro vanno a descrivere come il posizionamento del centro della linea osteotomica radiale, risenta dell'impianto di osteosintesi impiegato. I dati ottenuti descrivono come l'utilizzo di sistemi bloccati, comporti mediamente una minore distanza tra centro osteotomico e centro rotazionale intrarticolare. Stupisce invece la correlazione esistente tra la vicinanza del centro osteotomico al centro rotazionale. Da questo lavoro la correlazione sembra non esserci, e questo è in contrasto con quanto presente in letteratura. Perché ciò avviene? Va forse riconsiderata l'importanza o la localizzazione del centro di rotazione intrarticolare? Oppure il posizionamento del centro osteotomico dovrebbe seguire altri criteri?

Nel considerare tutti questi dati bisogna però porre molta attenzione al forte limite che questo lavoro porta con sé. Esso manca di un follow up clinico a supporto dei dati ottenuti. Tali informazioni sono state raccolte nel corso del lavoro, ma non essendo stata pianificata una routine di follow up standardizzata, i dati raccolti non risultavano abbastanza completi da essere inseriti in questo lavoro. Per questo motivo si è scelto di considerare un intervento riuscito, solamente quando il suo slope post operatorio risultava compreso tra 5 e 7°. Questo dato è stato ottenuto basandosi sulla bibliografia<sup>29</sup> e non è supportato da un riscontro clinico sul paziente. Parametro principale per definire una chirurgia riuscita o non riuscita, dovrebbe essere la visita clinica più che il grado di inclinazione del piatto tibiale post operatorio. Potrebbe essere molto interessante per il futuro condurre un lavoro simile che però prenda in considerazione anche il follow up clinico del paziente, così da poter meglio definire i parametri Good-Not Good.





## 4. Bibliografia

1. Abel SB, Hammer DL, Shott S. Use of the proximal portion of the tibia for measurement of the tibial plateau angle in dogs. *Am J Vet Res.* 2003 Sep;64(9):1117-23.
2. Arnoczky SP, Marshall JL. The cruciate ligaments of the canine stifle: An anatomical and functional analysis. *Am J Vet Res.* 1977 Nov;38(11):1807-14.
3. Arnoczky SP, Warren RF, Minei JP. Replacement of the anterior cruciate ligament using a synthetic prosthesis. an evaluation of graft biology in the dog. *Am J Sports Med.* 1986 Jan-Feb;14(1):1-6.
4. Bell JC, Ness MG. Does use of a jig influence the precision of tibial plateau leveling osteotomy surgery? *Vet Surg.* 2007 Apr;36(3):228-33.
5. Bojrab ,M.Joseph, Spadari ,Alessandro. Le basi patogenetiche delle malattie chirurgiche nei piccoli animali. San Lazzaro di Savena: Giraldi; 2001.
6. Bortolami ,Ruggero, Callegari ,Emilio, Beghelli ,Viscardo. Anatomia e fisiologia degli animali domestici. Bologna: Edagricole; 2006.
7. Butler DL. Kappa delta award paper. anterior cruciate ligament: Its normal response and replacement. *J Orthop Res.* 1989;7(6):910-21.
8. Clark JM, Sidles JA. The interrelation of fiber bundles in the anterior cruciate ligament. *J Orthop Res.* 1990 Mar;8(2):180-8.
9. Colborne GR, Innes JF, Comerford EJ, Owen MR, Fuller CJ. Distribution of power across the hind limb joints in labrador retrievers and greyhounds. *Am J Vet Res.* 2005 Sep;66(9):1563-71.
10. Conkling AL, Fagin B, Daye RM. Comparison of tibial plateau angle changes after tibial plateau leveling osteotomy fixation with conventional or locking screw technology. *Vet Surg.* 2010 Jun;39(4):475-81.
11. Conzemius MG, Evans RB, Besancon MF, Gordon WJ, Horstman CL, Hoefle WD, et al. Effect of surgical technique on limb function after surgery for rupture of the cranial cruciate ligament in dogs. *J Am Vet Med Assoc.* 2005 Jan 15;226(2):232-6.
12. De Rooster H, de Bruin T, van Bree H. Morphologic and functional features of the canine cruciate ligaments. *Vet Surg.* 2006 Dec;35(8):769-80.
13. De Rooster H, van Bree H. Radiographic measurement of craniocaudal instability in stifle joints of clinically normal dogs and dogs with injury of a cranial cruciate ligament. *Am J Vet Res.* 1999 Dec; 60(12):1567-70.
14. De Rooster H, Van Ryssen B, van Bree H. Diagnosis of cranial cruciate ligament injury in dogs by tibial compression radiography. *Vet Rec.* 1998 Apr 4;142(14):366-8.

15. Fettig AA, Rand WM, Sato AF, Solano M, McCarthy RJ, Boudrieau RJ. Observer variability of tibial plateau slope measurement in 40 dogs with cranial cruciate ligament-deficient stifle joints. *Vet Surg.* 2003 Sep-Oct;32(5):471-8.
16. Galloway RH, Lester SJ. Histopathological evaluation of canine stifle joint synovial membrane collected at the time of repair of cranial cruciate ligament rupture. *J Am Anim Hosp Assoc.* 1995 Jul-Aug;31(4):289-94.
17. Griffon DJ. A review of the pathogenesis of canine cranial cruciate ligament disease as a basis for future preventive strategies. *Vet Surg.* 2010 Jun;39(4):399-409.
18. Guastella DB, Fox DB, Cook JL. Tibial plateau angle in four common canine breeds with cranial cruciate ligament rupture, and its relationship to meniscal tears. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2008;21(2):125-8.
19. Harasen G. Canine cranial cruciate ligament rupture in profile. *Can Vet J.* 2003 Oct;44(10):845-6.
20. Harper TA, Martin RA, Ward DL, Grant JW. An in vitro study to determine the effectiveness of a patellar ligament/fascia lata graft and new tibial suture anchor points for extracapsular stabilization of the cranial cruciate ligament-deficient stifle in the dog. *Vet Surg.* 2004 Sep-Oct;33(5):531-41.
21. Havig ME, Dyce J, Kowaleski MP, Reynolds LR, Budsberg SC. Relationship of tibial plateau slope to limb function in dogs treated with a lateral suture technique for stabilization of cranial cruciate ligament deficient stifles. *Vet Surg.* 2007 Apr;36(3):245-51.
22. Hayashi K, Frank JD, Dubinsky C, Zhengling H, Markel MD, Manley PA, et al. Histologic changes in ruptured canine cranial cruciate ligament. *Vet Surg.* 2003 May-Jun;32(3):269-77.
23. Hulse D, Beale B, Kerwin S. Second look arthroscopic findings after tibial plateau leveling osteotomy. *Vet Surg.* 2010 Apr;39(3):350-4.
24. Innes JF, Bacon D, Lynch C, Pollard A. Long-term outcome of surgery for dogs with cranial cruciate ligament deficiency. *Vet Rec.* 2000 Sep 16;147(12):325-8.
25. Jaegger G, Marcellin-Little DJ, Levine D. Reliability of goniometry in labrador retrievers. *Am J Vet Res.* 2002 Jul;63(7):979-86.
26. Jandi AS, Schulman AJ. 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.* 2007 Feb;36(2):114-21.
27. Jerram RM, Walker AM. Cranial cruciate ligament injury in the dog: Pathophysiology, diagnosis and treatment. *N Z Vet J.* 2003 Aug;51(4):149-58.
28. Johnson AL, Houlton JEF, Vannini R. *AO principles of fracture management in the dog and cat.* Davos Platz, Switzerland; New York: AO Pub. ;Stuttgart; Distribution by Thieme; 2005.
29. Kim SE, Pozzi A, Kowaleski MP, Lewis DD. Tibial osteotomies for cranial cruciate ligament insufficiency in dogs. *Vet Surg.* 2008 Feb;37(2):111-25.

30. Klocke NW, Snyder PW, Widmer WR, Zhong W, McCabe GP, Breur GJ. Detection of synovial macrophages in the joint capsule of dogs with naturally occurring rupture of the cranial cruciate ligament. *Am J Vet Res.* 2005 Mar;66(3):493-9.
31. Korvick DL, Pijanowski GJ, Schaeffer DJ. Three-dimensional kinematics of the intact and cranial cruciate ligament-deficient stifle of dogs. *J Biomech.* 1994 Jan;27(1):77-87.
32. Kowaleski MP, Apelt D, Mattoon JS, Litsky AS. The effect of tibial plateau leveling osteotomy position on cranial tibial subluxation: An in vitro study. *Vet Surg.* 2005 Jul-Aug;34(4):332-6.
33. Kowaleski MP, McCarthy RJ. Geometric analysis evaluating the effect of tibial plateau leveling osteotomy position on postoperative tibial plateau slope. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2004;17:30-34.
34. Laros GS, Tipton CM, Cooper RR. Influence of physical activity on ligament insertions in the knees of dogs. *J Bone Joint Surg Am.* 1971 Mar;53(2):275-86.
35. Lazar TP, Berry CR, deHaan JJ, Peck JN, Correa M. Long-term radiographic comparison of tibial plateau leveling osteotomy versus extracapsular stabilization for cranial cruciate ligament rupture in the dog. *Vet Surg.* 2005 Mar-Apr;34(2):133-41.
36. Marsolais GS, Dvorak G, Conzemius MG. Effects of postoperative rehabilitation on limb function after cranial cruciate ligament repair in dogs. *J Am Vet Med Assoc.* 2002 May 1;220(9):1325-30.
37. Martini ,Filippo Maria. *Patologie articolari nel cane e nel gatto.* Vermezzo: Poletto Editore; 2006.
38. Mostafa AA, Griffon DJ, Thomas MW, Constable PD. Morphometric characteristics of the pelvic limb musculature of labrador retrievers with and without cranial cruciate ligament deficiency. *Vet Surg.* 2010 Apr;39(3):380-9.
39. Mostafa AA, Griffon DJ, Thomas MW, Constable PD. Morphometric characteristics of the pelvic limbs of labrador retrievers with and without cranial cruciate ligament deficiency. *Am J Vet Res.* 2009 Apr;70(4):498-507.
40. Muir P, Oldenhoff WE, Hudson AP, Manley PA, Schaefer SL, Markel MD, et al. Detection of DNA from a range of bacterial species in the knee joints of dogs with inflammatory knee arthritis and associated degenerative anterior cruciate ligament rupture. *Microb Pathog.* 2007 Feb-Mar;42(2-3):47-55.
41. Nickel ,Richard, Schummer ,August, Seiferle ,Eugen. *Trattato di anatomia degli animali domestici.* Milano: CEA.
42. O'Brien CS, Martinez SA. Potential iatrogenic medial meniscal damage during tibial plateau leveling osteotomy. *Vet Surg.* 2009 Oct;38(7):868-73.
43. Petazzoni M. cTTA (circular tibial tuberosity advancement). 3rd World Veterinary Orthopaedic Congress, ESVOT-VOS 15th ESVOT Congress. 2010 15-18 September 2010;1(1):295-296.
44. Petazzoni M. *Atlante di goniometria clinica e misurazioni radiografiche dell'arto pelvico.* Merial Italia S.p.A.; 2008.

45. Petazzoni M, Urizzi A, Verdonck B, Jaeger G. Fixin internal fixator: Concept and technique. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2010;23(4):250-3.
46. Powers MY, Martinez SA, Lincoln JD, Temple CJ, Arnaiz A. Prevalence of cranial cruciate ligament rupture in a population of dogs with lameness previously attributed to hip dysplasia: 369 cases (1994-2003). *J Am Vet Med Assoc.* 2005 Oct 1;227(7):1109-11.
47. Pozzi A, Kowaleski MP, Apelt D, Meadows C, Andrews CM, Johnson KA. Effect of medial meniscal release on tibial translation after tibial plateau leveling osteotomy. *Vet Surg.* 2006 Jul;35(5):486-94.
48. Pozzi A, Litsky AS, Field J, Apelt D, Meadows C, Johnson KA. Pressure distributions on the medial tibial plateau after medial meniscal surgery and tibial plateau levelling osteotomy in dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol.* 2008;21(1):8-14.
49. Pozzi L. *Atlante di radiologia clinica veterinaria.* Bologna: Edagricole; 1984; 1984.
50. Reif U, Probst CW. Comparison of tibial plateau angles in normal and cranial cruciate deficient stifles of labrador retrievers. *Vet Surg.* 2003 Jul-Aug;32(4):385-9.
51. Schutz M, Sudkamp NP. Revolution in plate osteosynthesis: New internal fixator systems. *J Orthop Sci.* 2003;8(2):252-8.
52. Shahar R, Milgram J. Biomechanics of tibial plateau leveling of the canine cruciate-deficient stifle joint: A theoretical model. *Vet Surg.* 2006 Feb;35(2):144-9.
53. Slatter ,Douglas H., Vitali ,Edoardo. *Trattato di chirurgia dei piccoli animali douglas slatter.* Roma: A. Delfino medicina-scienze; 2005.
54. Slocum B, Devine T. Cranial tibial thrust: A primary force in the canine stifle. *J Am Vet Med Assoc.* 1983 Aug 15;183(4):456-9.
55. Slocum B, Slocum TD. Tibial plateau leveling osteotomy for repair of cranial cruciate ligament rupture in the canine. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 1993 Jul;23(4):777-95.
56. Smith GK, Torg JS. Fibular head transposition for repair of cruciate-deficient stifle in the dog. *J Am Vet Med Assoc.* 1985 Aug 15;187(4):375-83.
57. Stein S, Schmoekel H. Short-term and eight to 12 months results of a tibial tuberosity advancement as treatment of canine cranial cruciate ligament damage. *J Small Anim Pract.* 2008 Aug;49(8):398-404.
58. Tashman S, Anderst W, Kolowich P, Havstad S, Arnoczky S. Kinematics of the ACL-deficient canine knee during gait: Serial changes over two years. *J Orthop Res.* 2004 Sep;22(5):931-41.
59. Thieman KM, Tomlinson JL, Fox DB, Cook C, Cook JL. Effect of meniscal release on rate of subsequent meniscal tears and owner-assessed outcome in dogs with cruciate disease treated with tibial plateau leveling osteotomy. *Vet Surg.* 2006 Dec;35(8):705-10.
60. Tipton CM, James SL, Mergner W, Tchong TK. Influence of exercise on strength of medial collateral knee ligaments of dogs. *Am J Physiol.* 1970 Mar;218(3):894-902.

61. Vasseur PB. Stifle joint. In: Slatter ,Douglas H., editor. Textbook of small animal surgery. 3rd ed. Saunders; 2003. p. 2090-2133.
62. Vasseur PB, Arnoczky SP. Collateral ligaments of the canine stifle joint: Anatomic and functional analysis. *Am J Vet Res.* 1981 Jul;42(7):1133-7.
63. Vasseur PB, Pool RR, Arnoczky SP, Lau RE. Correlative biomechanical and histologic study of the cranial cruciate ligament in dogs. *Am J Vet Res.* 1985 Sep;46(9):1842-54.
64. Vezzoni A, Baroni E, Demaria M, Olivieri M, Magni G. Trattamento chirurgico della rottura del legamento crociato anteriore nel cane mediante osteotomia livellante del piatto tibiale (TPLO): presupposti teorici ed esperienza clinica in 293 casi. *Veterinaria.* 2003;17(3):19-31.
65. Vezzoni A, Demaria M, Corbari A, Cirila A. In: Non-traumatic cranial cruciate ligament injures. Munich. ; 2002. p. 199-203.
66. Warzee CC, Dejardin LM, Arnoczky SP, Perry RL. Effect of tibial plateau leveling on cranial and caudal tibial thrusts in canine cranial cruciate-deficient stifles: An in vitro experimental study. *Vet Surg.* 2001 May-Jun;30(3):278-86.
67. Whitehair JG, Vasseur PB, Willits NH. Epidemiology of cranial cruciate ligament rupture in dogs. *J Am Vet Med Assoc.* 1993 Oct 1;203(7):1016-9.
68. Widmer WR, Buckwalter KA, Braunstein EM, Visco DM, O'Connor BL. Principles of magnetic resonance imaging and application to the stifle joint in dogs. *J Am Vet Med Assoc.* 1991 Jun 1;198(11):1914-22.
69. Wilke VL, Conzemius MG, Kinghorn BP, Macrossan PE, Cai W, Rothschild MF. Inheritance of rupture of the cranial cruciate ligament in newfoundlands. *J Am Vet Med Assoc.* 2006 Jan 1;228(1):61-4.
70. Wilke VL, Robinson DA, Evans RB, Rothschild MF, Conzemius MG. Estimate of the annual economic impact of treatment of cranial cruciate ligament injury in dogs in the united states. *J Am Vet Med Assoc.* 2005 Nov 15;227(10):1604-7.
71. Zachos TA, Arnoczky SP, Lavagnino M, Tashman S. The effect of cranial cruciate ligament insufficiency on caudal cruciate ligament morphology: An experimental study in dogs. *Vet Surg.* 2002 Nov-Dec;31(6):596-603.



## 5. Ringraziamenti

*Al Professore Maurizio Isola, per avermi consigliato ed indirizzato sulla giusta via.*

*Al Dottore Massimo Petazzoni, un esempio, ma prima di tutto un amico, che mi ha accolto con calore, dimostrandomi stima e fiducia.*

*Al Dottore Michele Drigo, senza il quale questo lavoro non sarebbe stato possibile.*